


Massiivipuu ekologisesti kestävä rakentamisen mahdollistajana

Massiivipuukatalogi ja kerrostalosuunnitelma

Massiivipuu ekologisesti kestävä rakentamisen mahdollistajana

Massiivipuukatalogi ja kerrostalosuunnitelma

Diplomityö, Oulun yliopisto, Arkkitehtuurin yksikkö
Tekijä: Kati Moilanen, Pääohjaaja: Janne Pihlajaniemi



Kati Moilanen
Oulussa 27.02.2019

Tiivistelmä

Diplomityöni *Massiivipuu ekologisesti kestävä rakentamisen mahdollistajana* on osa Oulun yliopiston Moderni hirsikaupunki-hanketta, ja sen aiheena on tutkia erilaisia massiivipuisia seinärakenteita ja suunnitella saadun tiedon pohjalta massiivipuinen kerrostalo Oulun Heinäpäähän. Keskeisimpinä tavoitteina on selvittää massiivipuutuotteiden eroja valmistuksessa, rakennettavuudessa ja uudelleenkäytössä, sekä tuoda esille vaihtoehtoisia menetelmiä vakiintuneille rakennustavoille.

Vallitseva rakentamiskulttuuri on monella tapaa kestämaton. Epäekologiset rakennusmateriaalit, rakennusten lyhyt käyttöikä ja monimutkaiset kerrosrakenteet ovat rakennuksillemme tavanomaisia. Suomella on hyvät mahdollisuudet lisätä puun käyttöä tulevaisuuden rakentamisessa erityisesti yksiaineisten ja kestävien massiivipuutuotteiden avulla.

Tutkimuksessa käy ilmi, että kaikki massiivipuutuotteet on helppo uusiokäyttää sellaisenaan uudelleen. Kierrättämiseen vaikuttavat eniten käytetyt liitostekniikat. Parhaita ratkaisuja kierrättämisen kannalta ovat salvos-, tappi-, ruuvi- ja pulttiliitokset, heikoimpia liima- ja naulaliitokset. Rakennuksen käytönaikaisen muuntojoustavuuden kannalta olennaista on, että sitä ei suunnitella liian tarkkaan tiettyä käyttötarkoitusta ajatellen. Muutos tulee ottaa huomioon niin suuressa kuin pienessäkin mitakaavassa, materiaaleissa ja toiminnoissa.

Abstract

My diploma thesis *Massiivipuu ekologisesti kestävä rakentamisen mahdollistajana* is part of research project called Moderni hirsikaupunki. The topic is to examine mass timber wall structures and design a mass timber high-rise to the city of Oulu based on that research. The main goals of the thesis are to find out the differences in production, construction and reuse of mass timber products and introduce alternative ways of building from timber.

The existing way of constructing is unsustainable in many ways. Materials that are harmful to environment, short lifespan of the buildings and complex layered structures are more the rule than exception nowadays. Finland has good potential to increase the use of wood in construction especially in the form of homogeneous mass timber.

The main results of the research are that mass timber products are easy to reuse and the joints used are the most critical parts in recycling the timber. Notches, dowels, screws and bolts are best choices for easily recyclable mass timber and glue and nails are the worst. It's important not to design the building for one specific use only, when the building needs to be resilient in use. Change needs to be taken into account in both small and big scale, in materials and in spaces.

Sisältö

Tiivistelmä	4
Abstract	5
Sisältö	6
Johdanto	10

Osa 1 - Taustaa

Rakentamisen kestävätkön nykytila

Ympäristövaikutukset	15
Ihmissen vaikutus ympäristöön	
Rakentamisen vaikutus ympäristöön	
Rakennusmateriaalien vaikutus ympäristöön	
Maailmanlaajuiset tavoitteet	
Hiilineutraali Suomi 2045	

Kohti ympäristöystävällisempää rakentamista

Kestävä rakentaminen	21
Rakennus ajassa	22
Muuntojoustavuus	
Joustavan rakentamisen ratkaisut	
Haasteet joustavuudelle	
Rakennusmateriaalit	26
Runkomateriaalin valinta	
Materiaalitehokkuus	
Kierrätyspuu	27
Käytetyn puun lajittelu	
Puun uudelleenkäyttömahdollisuudet	
Kierrättämisen haasteet	
Purettavuuden suunnittelu	
Massiivipuorakenteet	31
Hyödyt	
Kierrättäminen	
Liitokset	

Osa 2 - Massiivipuukatalogi

Massiivipuutuotteet	36
Massiivihirsi	38
Dowel-laminated timber (DLT)	40
Nail-laminated timber (NLT/MHM)	44
Interlocking cross-laminated timber (ICLT)	48
Aaltopuu	50
Lamellihirsi	52
Cross-laminated timber (CLT)	54
Liimapuu (GLT)	56
Viilupuu (LVL)	58
Mass plywood panel (MPP)	59

Vertailu

Esivalmistus	61
Liitokset	62
Uudelleenkäyttö	63
Kierrätettävyys	64
Purkupuun laatu	66
Pohdintaa	68

Osa 3 - Suunnitelma

Massiivipuinen kerrostalo

Sijainti	75
Historia	
Täydennysrakentaminen	
Autopaikat	
Lähtötilanne korttelitasolla	
Suunnitelma	82
Ulkomuoto	84
Massoittelu	
Julkisivut	
Piha ja maantasokerros	94
Piha	
Maantasokerros	
Parkit	
Kellari	
Kerrospohjat	98
Muuntojoustavuus	
Muuntojousto toimistopohjissa	
Muuntojousto asuntopohjissa	
Rakenne ja detaljit	112
Yleistä	
Rakenteet	
Ilmanvaihto	
Lämmitys	
Paloturvallisuus	
Vedeneristys	
Ääneneristys	
Liitokset	
Lopuksi	124
Kiitokset	125
Lähteet	126
Planssipienennökset	136

Johdanto

Suomessa vallitseva rakennuskulttuuri on monella tapaa kestävä. Epäekologiset materiaalit, rakennuksien lyhyt käyttöikä, tuhlaileva purkaminen ja monimutkaiset kerrosrakenteet ovat enemmän sääntö kuin poikkeus rakennetussa ympäristössä. Rakennukset suunnitellaan kapeakatseisesti tämänhetkiset tarpeet tyydyttäväksi, eikä tulevaisuuden muutoksille anneta sijaa suunnittelupöydällä.

Suomessa puu on aina ollut yksi tärkeimmistä rakennusmateriaaleista, mutta sen käyttö on tuhlailevaa; jopa 30% rakennuspurkujätteestä on puuta. Puuta käytetään tavanomaisesti pientalorakentamisessa sekä keveyttä vaativissa rakennosissa. Tulevaisuudessa Suomella on potentiaalia nostaa hiilidioksidia sitovan puurakentamisen määrää, sillä sen osuus esimerkiksi kerrostalorakentamisessa on yhä pieni. Yksiaineiset massiivipuutuotteet ovat helposti purettavia ja uudelleenkäytettäviä, minkä vuoksi ne sopivat erinomaisesti tulevaisuuden kestäväksi rakennusaineeksi. Hirsi, liimapuu ja CLT ovat maassamme yleisimmin käytettyjä massiivipuutuotteita, mutta eivät ainoita lajissaan. Tulevaisuuden kannalta on tärkeää tietää, mitä muita massiivituotteita puusta voidaan valmistaa.

Diplomityöni on osa Oulun yliopiston Moderni hirsikaupunki -hanketta ja sen aihe on massiivipuiset seinärakenteet. Tutkimuksessa kiinnitän erityisesti huomiota massiivirakenteiden valmistukseen, liitostekniikoihin ja kierrättämiseen. Tutkimuksen pohjalta suunnittelin massiivipuisen kerrostalon Oulun Heinäpäähän. Suunnittelutyössä tärkeimmiksi tavoitteiksi muodostuivat valittujen materiaalien ekologisuus ja kestävä tilasuunnittelu. En käsittele työssäni rakenteiden energiatehokkuutta tai niistä aiheutuvia kustannuksia. Tulevaisuuden suunnittelijoille ja aiheesta kiinnostuneille työ tarjoaa yleistietoa massiivipuutuotteis-

ta, rakentamisen ympäristövaikutuksista ja kestävästä suunnittelusta.

Keskeisimpiä tutkimuskysymyksiä ovat:

- *Mitkä ovat vaatimukset ekologiselle rakentamiselle?*
- *Mitä erilaisia massiivipuutuotteita on käytössä Suomessa ja muualla maailmalla?*
- *Miten eri liitostekniikoilla kootut massiivipuutuotteet voidaan uusiokäyttää?*
- *Miten muuntojoustavuus tukee ekologista rakentamista?*
- *Miten muuntojoustavuus voidaan toteuttaa?*
- *Voiko massiivipuusta rakentaminen tukea muuntojoustavuutta?*

Työssä hyödynnettyjä tutkimusmenetelmiä ovat perinteinen tiedonhaku kirjoista, internetistä ja lehdistä, kyselyt sähköpostitse alan asiantuntijoille, haastattelut, sekä suunnittelututkimus. Ekologisesta rakentamisesta ja kierrättämisestä on saatavilla paljon tietoa. Tärkeimpiä lähteitä työni kannalta ovat Bjorn Bergen The Ecology of Building Materials (2009), Ernst Worrellin ja Markus A. Reuterin Handbook of Recycling (2014), Suomen ympäristökeskuksen raportti Materiaalinäkökulma rakennusten ympäristöarvioinnissa (2011) sekä Tampereen teknillisen yliopiston tutkimus Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet (2018). Kestävästä rakentamisesta on lähivuosina tehty lisäksi ansiokkaita diplomitoita, kuten Lars-Erik Mattilan Tulevaisuuden kerrostalo (2014) sekä Jonas Löfroosin Vaatimukset ekologisesti kestäväälle rakennukselle (2013). Myös muuntojoustavasta rakentamisesta löytyy paljon kirjallisuutta niin Suomesta kuin ulkomailta. Karin Krokfors ja Jyrki Tarpio ovat kirjoittaneet aiheesta väitöskirjoissaan Time for Space (2017) ja Joustavan asumisen tilalliset logiikat (2015). Tärkeää lähdemateriaalia ovat tuottaneet myös Tatjana Schneider and Jeremy Till lu-

kuisilla tutkimuksillaan muuntojoustavuuden ratkaisusta.

Vaikka puun kierrättämisestä onkin saatavilla paljon tietoa, sitä on rajallisesti massiivipuutuotteista niiden uutuuden vuoksi. Massiivipuun kierrättämisestä kerätty aineisto pohjautuu pääasiassa suoraan yrityksiltä saatuu tietoon tai tuotteiden nettisivuihin, joka edellyttää lukijalta kriittisyyttä.

Diplomityö koostuu kolmesta osasta, jotka ovat 1 Taustaa, 2 Massiivipuukatalogi ja 3 Suunnitelma. Taustoittava osio alkaa nykytilanteen läpikäymisellä ja selvittää rakentamisen ekologisesti kestävämmä ratkaisuja. Osioon sisältyy myös tulevaisuuden kestävämmän rakentamistavan läpikäyminen sekä puun tarjoamat ratkaisut. Massiivipuukatalogi koostuu erilaisista massiivipuutuotteista ja niiden ominaisuuksien vertailusta. Suunnitelma-kappale pitää sisällään suunnitelman ekologisesti kestävästä massiivipuukerrostalosta, jossa painottuvat erityisesti rakennusmateriaalit sekä muuntojoustavat tilaratkaisut.

Osa 1

Taustaa

Rakentamisen kestämätön nykytila

"Eventually, the obvious loomed out of the mist of traditional thinking: we hadn't needed to talk about sustainability until mankind had started down a non-sustainable path. If destruction was the problem, well, then we should study the principles for that destruction."
-Karl-Henrik Robèrt 2002

Ympäristövaikutukset

Ihmisen vaikutus ympäristöön

Ruotsalainen tutkija Robèrt (2002) listaa kolme pääperiaatetta kirjassaan *The Natural Step Story: Seeding a Quiet Revolution*, joilla ihminen vahingoittaa luontoa:

1. Kun maankuoresta tuotetaan enemmän materiaalia kuin siihen palautetaan, mikä johtaa aineen kierron epätasapainoon.
2. Kun jalostetun materiaalin määrä kasvaa nopeammin kuin sen hajoaminen ja palautuminen uudeksi raaka-aineeksi.
3. Kun luonnon kiertoa tai biologista diversiteettiä häiritään jatkuvasti, mikä johtaa niiden heikkenemiseen. Esimerkkinä metsien hakkuu ja tehokalastus. (Robèrt 2002: 62–63)

Lyhyesti sanottuna ylikuluttaminen, aineen kierron häiritseminen ja ympäristöhaitat ovat keskeisimmät ihmisen aiheuttamat uhat ympäristölle. Uhkien maailmanlaajuisuus on herättänyt ihmiset toimimaan ympäristönsä hyväksi, ja nykypäivänä ympäristöasioihin kiinnitetään enemmän huomiota kuin ennen. Luonnon vaurioittaminen on kuitenkin edennyt jo pitkälle, eikä sen elpyminen tule olemaan helppoa.

Vuonna 2018 maailmanlaajuisista ylikulutuspäivää vietettiin elokuun ensimmäisenä päivänä. Ylikulutuspäivä tarkoittaa sitä päivää, jolloin ihmisten ekologinen jalanjälki ylittää maapallon kyvyn tuottaa uusiutuvia luonnonvaroja ja käsitellä fossiilisten polttoaineiden aikaansaamia kasvihuonepäästöjä. Ihmiset käyttävät seitsemässä kuukaudessa luonnonvarat, joiden pitäisi riittää kokonaisuudelle vuodelle. Suomessa ylikulutuspäivä oli vuonna 2018 jo 11.4. (WWF 2018.)

Tasapainoinen aineen kierto (ks. Kaavio 1) on kestävä yhteiskunnan perusta. Sen muodostavat luonnon kiertokulku sekä maan kuorella tapahtuva mineraalien ja metallien kierto. Aineen kierto asettaa ra-

jat kestäväälle kuluttamiselle ja resurssien kierrättäminen sekä tehokas hyödyntäminen takaavat kestävä kehityksen. Kestävässä yhteiskunnassa ihminen ei tuota materiaaleja, jotka eivät luontoon joutuessaan hajoa osaksi aineen kiertoa. Jos kuitenkin tällaisia aineita valmistetaan, on pidettävä huoli siitä, etteivät ne päädy ympäristöön. (Robèrt, 2002: 61,70.) Aineen kierron kannalta ongelmallisia ovat esimerkiksi öljy- ja metalliteollisuus. Öljy ja metallit ovat uusiutumattomia luonnonvaroja, joita ylikäytetään luonnon kestävyyskustannuksella. Öljyä jalostetaan esimerkiksi muoviksi ja bensiiniksi, jotka luontoon joutuessaan ovat jätettä.

Ympäristöhaitalla tarkoitetaan ympäristöön syntyvää haitallista ominaisuutta, joka estää tai vaikeuttaa siinä tapahtuvia toimintoja (Neuvonen 2000: 34). Nykypäivän ympäristöhaittoja ovat esimerkiksi saastuminen, ilmastonmuutos, metsäkato, haponpöly, liikakansoitus ja otsonikato. (ks. www.conserve-energy-future.com)

Rakentamisen vaikutus ympäristöön

Suomen energiankäytöstä ja päästöistä noin 60% kuluu rakentamiseen (Sitra 2010: 4). Euroopassa rakentamisen osuus kokonaisenergiankulutuksesta on noin 40% ja CO₂-päästöistä noin kolmannes. On arvioitu, että rakennusteollisuus olisi yksi helpoimmista alueista vähentää päästöjä merkittävästi. (Häkkinen, Korhonen, Myllymaa, Ruuska & Vares 2013: 7.)

Tämänhetkistä rakentamista hallitsee kertakäyttöajattelu, joka johtaa kestävämmiin rakentamisratkaisuihin. Rakennuksia rakennetaan epäekologisista materiaaleista, joiden tuottaminen on halpaa, mutta joiden pitkäaikaista kestävyys tai ekologisuus ei kestä

päivänvaloa. Kustannustehokkuus ja rakentamisesta saatavat taloudelliset edut merkitsevät enemmän, kuin pitkän tähtäimen hyödyt tai rakennusten joustavuus muutoksen hetkellä. Kun otetaan huomioon rakentamisen ympäristövaikutukset, tulisi ympäristöseikkoihin kiinnittää enemmän huomiota tulevaisuudessa.

Rakentaminen kuormittaa luontoa vaihtelevassa määrin kaikissa eri rakentamisen vaiheissa, jotka ovat:

- raaka-aineiden kerääminen
- rakennustuotteiden valmistus
- kuljetukset
- siirrot
- rakentaminen
- käyttö
- huolto ja korjaukset

- purkaminen, uudelleenkäyttö, kierrätys ja loppusijoitus (Rakennusteollisuus RT.)

Rakentamisesta aiheutuvat merkittävimmät kasvihuonepäästöt syntyvät fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja rakennusmateriaalien valmistuksen päästöistä. Biopolttoaineiden lisääminen vähentää fossiilisten polttoaineiden osuutta ja rakennusmateriaalien päästöjä voidaan puolestaan pienentää suosimalla vähäpäästöisiä materiaaleja, kuten puuta. (Sitra 2010: 111.)

Rakennusteollisuus aiheuttaa jatkuvaa epätasapainoa aineen kierrolle. Useiden rakennusaineiden tuotanto vaatii enenevässä määrin uusiutumattomien materiaalien keräämistä luonnosta ja niiden jatkojalostamista uuteen muotoon. Aine ei palaudu kiertoon tarpeeksi nopeasti, vaan kuormit-

taa ympäristöä hankalasti hallittavana jätteenä. Esimerkiksi muovia ja betonia tuotetaan tällä hetkellä luonnon kestokyvyn kustannuksella. Hiekka ja sora ovat esimerkkejä aineista, jotka eivät ehdi uusiutua luonnossa yhtä nopeaa kuin niitä kulutetaan.

Rakennusmateriaalien vaikutus ympäristöön

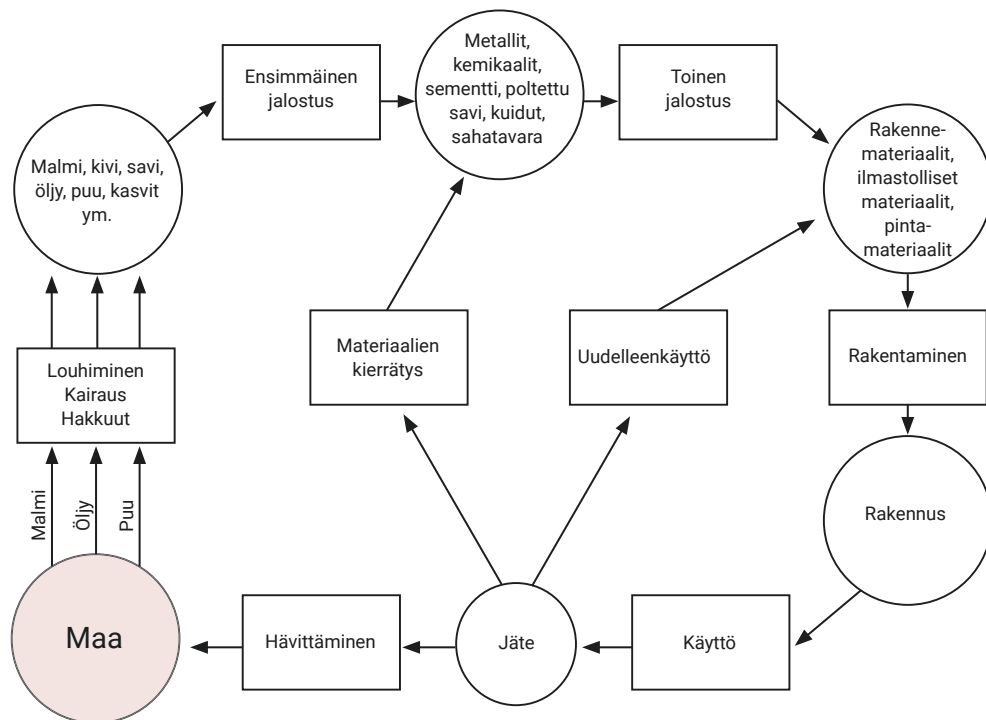
Vuonna 2007 rakennusmateriaalien valmistamisen osuus Suomen energiankulutuksesta oli 4% ja kasvihuonekaasupäästöistä 6%. Rakennusmateriaalien energiankäytön ja päästöjen selvitys on haastavampaa kuin muilla osa-alueilla, koska niitä ei tilastoida erikseen. (Sitra 2010: 26.) Arkkitehti ja tutkija Bjørn Berge (2009) arvioi, että rakennuksen 50-vuoden eliniän aikana

noin 10-20% kasvihuonekaasupäästöistä tulee rakennusmateriaaleista. Läntisessä Euroopassa 7-9% päästöistä tulee materiaalien valmistuksesta ja kuljetuksesta. Eniten rakennusmateriaaleista kuljetetaan muovia, terästä ja sementtiä. (Berge 2009: 33.)

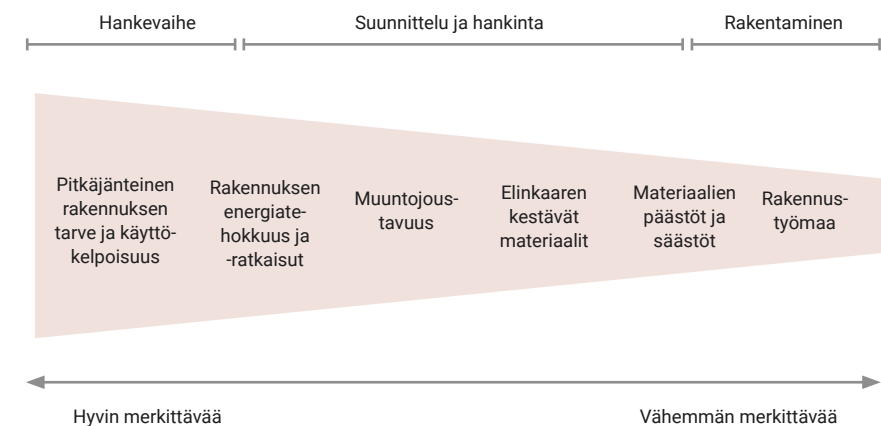
Rakennusmateriaalien osuus rakentamisen päästöistä on kasvanut rakennusten energiatehokkuuden parannuttua ja käytönaikaisen energiankulutuksen vähennyttä (Häkkinen ym. 2012: 8). Tämän vuoksi rakennusmateriaalien valintaan tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota nyt ja tulevaisuudessa.

Rakennusmateriaalit kuormittavat luontoa seuraavissa vaiheissa:

- raaka-aineiden ja energian raaka-aineiden hankinta



Kaavio 1: Rakennusaineiden suljettu kierto. Kaavio suomennettu (Berge 2009:7).



Kaavio 2: Rakentamisen eri vaiheiden merkitys elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin (Rakennusteollisuus RT).

- osa-aineiden, tuotteiden ja apuaineiden (kuten pakkausmateriaalien) valmistusprosessi
- kuljetukset
- asennus ja rakentaminen
- huolto ja ylläpito
- kierrätys, uusiokäyttö ja loppusijoitus (Siikanen 2001: 326 –327)

Maailmanlaajuiset tavoitteet

Maailmanlaajuisella tasolla Yhdistyneet kansakunnat (YK) on tärkein tavoitteiden määrittäjä ilmastopolitiikassa. YK:n ilmastomuutosta koskeva puitesopimus tuli voimaan vuonna 1994, jolloin myös Suomi sitoutui siihen. Sopimuksen keskeisenä tavoitteena on kasvihuonekaasujen pitoisuuksien laskeminen vaarattomalle tasolle. Sopimuksessa on kaikkia osapuolia koskevia velvoitteita sekä erityisvelvoitteita teollisuusmaille. Se ei itsessään sisällä määrällisiä vähennyksiä, vaan jokaisella maalla on oma ilmastomuutosta hillitsevä ja siihen sopeuttava ohjelma. (Ympäristöministeriö 2018.)

Kioton pöytäkirja täydentää YK:n ilmastopimusta ja astui voimaan vuonna 2005. Pöytäkirjan toinen velvoitekausi on voimassa vuosina 2013–2020. Kioton pöytäkirjan toisen kauden yhteinen päästövähennystavoite on 18%, mutta sen allekirjoittaneiden maiden määrä on laskenut ensimmäisen kauden 38:sta 34:än, Japanin, Venäjän, Kanadan ja Uuden-Seelannin jäädessä pois sopimuksesta. (Ympäristöministeriö 2018.)

YK:n puitesopimuksen alaisessa Pariisin vuonna 2015 laaditussa ilmastopimuksessa keskeinen tavoite on pitää maapallon keskilämpötilan nousu 1,5 °C:ssa tai reilusti alle 2 °C:ssa verrattuna esiteolliseen aikaan. Päästövähennystavoitteiden rinnalla on pitkän aikavälin tavoite ilmastomuutokseen sopeutumiselle ja tavoite kohdistaa rahavirrat vähähiilisen ja ympäristöystävällisen kehityksen hyväksi. Sopimus ei sisällä määrällisiä päästövähennyksiä, vaan kukin maa

sitoutuu tiedottamaan, valmistelevaan, ylläpitämään ja saavuttamaan kansalliset päästötavoitteensa. (Ympäristöministeriö 2018.)

YK:n ilmastonsuojelun puitesopimuksen pääsihteeri Figueres ym. (2017) kirjoittaa artikkelissa ”Three years to safeguard our climate” Pariisin ilmastopimuksen tavoitteiden olevan vaakalaudalla. Jos päästöt kasvavat tai vain tasaantuvat vuoden 2020 jälkeen, ilmastopimuksessa asetettu kahden asteen nousu on lähes mahdotonta tavoittaa. Artikkelissa listataan kuusi päätavoitetta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi, joista yksi koskee olennaisesti rakentamista. Raskaan teollisuuden tulisi puolittaa päästöt vuoteen 2050 mennessä, sillä sementti-, metalli-, rauta-, kemikaali-, öljy- ja kaasuteollisuus aiheuttavat yli viidenneksen maailman hiilidioksidipäästöistä. (Figueres ym. 2017.)

Vuoden 2018 lokakuussa IPCC eli hallitustenvälisen ilmastomuutospaneeli (Intergovernmental Panel on Climate Change) julkaisi raportin, jonka mukaan toimia ilmastomuutoksen hillitsemiseksi pitäisi lisätä, jotta keskilämpötila ei nousisi yli 1,5:n asteen. Pariisin sopimuksessa annetut kansalliset päästövähennyslupaukset eivät ole tarpeeksi suuria tavoitteiden saavuttamiseksi. Jotta lämpötilan nousu saadaan kuriin, päästövähennyksien lisäksi hiilidioksidia täytyy pystyä poistamaan ilmakehästä hiilinielujen ja hiilidioksidin talteenoton avulla. (Ympäristöministeriö 2018.)

Hiilineutraali Suomi 2045

Suomessa lämpötila nousee muun maapallon keskiarvoa enemmän maan pohjoisen sijainnin vuoksi. Lämpötila voi korkeimmillaan nousta jopa 6°C:ta, mutta tehokkaiden toimenpiteiden ansiosta nousu voidaan saada hillittyä kahteen asteeseen. (Ilmasto-opas.fi 2017.)

Suomen tavoitteena ovat 80–90% päästövähennykset vuodesta 1990 vuoteen 2050. Tavoitteeseen päästään hallituksen energia- ja ilmastostrategiaa seuraamalla, johon si-

sältyy muun muassa sähköautojen määrän lisääminen, kivihiilen käytöstä luopuminen sekä öljyn käytön puolittaminen. Ministeri Tiilikaisen mukaan päästötavoitteet on mahdollista tavoittaa jo vuonna 2045, jolloin Suomen metsien olisi tarkoitus sitoa kaikki Suomen fossiiliset päästöt. Tiilikainen kertoo, että toimia on suunnattava hiiltä sitoviin puurakenteisiin ja uusiin innovaatioihin. (Ympäristöministeriö 2017.)

Sitran (Suomen itsenäisyyden juhlarahasto) mukaan Pariisin ilmastopimuksessa pysyminen edellyttää suurempia päästövähennyksiä Suomelta, kuin mihin ollaan varauduttu. Vuoden 1990 tasosta tulisi leikata 60% vuoteen 2030 ja 130–150% vuoteen 2050 mennessä. Vuoden 2030 jälkeen päästötaseen tulisi olla negatiivinen, eli päästöjä tulisi sitoa enemmän kuin niitä vapautetaan ilmakehään. Päästöjen vähentämisessä tulisi kiinnittää enemmän huomiota metsien ja maaperän rooliin hiilinieluna. (Sitra 2017.)

Myös Ympäristöministeriön asiantuntija, entinen Aalto-yliopiston tutkija Matti Kuittinen painottaa metsien ja puurakentamisen osuutta hiilidioksidin sitomisessa. Metsien ohella hiilidioksidia sitovat meret ja maaperä, mutta metsänhoidon avulla saadaan helpoiten tuloksia. Tärkein rooli on talousmetsällä, josta puuta korjataan jatkuvasti. Korjattu puu jalostetaan pitkäikäisiksi rakennustuotteiksi ja huonekaluiksi, jotka toimivat hiilinieluna koko ikänsä. (Puuinfo 2014.)

Tilanne metsien osalta on ristiriitainen. Samalla pitäisi kasvattaa hiilinielua, mutta toisaalta fossiilisten raaka-aineiden syrjäyttäminen puupohjaisilla olisi suotavaa. Kuinka paljon metsää voidaan kaataa, ilman että metsien hiilinielu kärsii? Sekä Suomen luonnonsuojeluliitto, että BIOS (2018) painottavat, että Suomen pitäisi laskea hakkuutavoitteita juuri nyt, ilmastomuutoksen hillitsemiseksi. Metsätalouden suunnittelun professori Timo Pukkala kertoo, että metsätalouden hiilitasetta voidaan parantaa pidentämällä metsän kiertoaikaa, suosi-

malla yläharvennusta avohakkuuiden sijaan, lykkäämällä ensimmäistä harvennusta, kasvattamalla mäntyä sekä käyttämällä kuusi-puuta energiatuotantoon. (Suomen luonnonsuojeluliitto.)

Kohti ympäristöystävällisempää rakentamista

“From the first drawing to the final demolition, buildings are shaped and reshaped by changing cultural currents, changing real-estate value, and changing usage.” -Steward Brand 1994

Kestävä rakentaminen

Tulevaisuuden kestävässä rakentamisessa tulee ottaa huomioon sekä rakennusmateriaalien ekologisuus, että rakennuksen käyttöön kohdistuvat vaatimukset. Ekologisista materiaaleista koostuva rakennus ei ole pitkällä aikavälillä kestävä, jos tilat eivät kykene muuntautumaan käyttäjien vaihtuviin tarpeisiin (Krokfors 2010: 213).

Aalto-yliopiston professori Jouni Punkki (2003: 510) määrittelee ympäristöystävällisen rakennuksen seuraavasti:

1. Rakentaminen ja rakennuksen käyttö kuormittavat ympäristöä mahdollisimman vähän.
2. Rakennus sopeutuu nykyisiin ja tuleviin käyttötarkoituksiin.
3. Rakennus on terveellinen, viihtyisä ja turvallinen.
4. Rakennus on pitkäikäinen.
5. Rakennusosat ja materiaalit voidaan kierrättää.

Tärkeimmät päätökset rakennuksen ympäristövaikutuksista tehdään suunnitteluvaiheessa. Tarkasteltaessa kustannuksia ei tule keskittyä vain yksittäisiin investointeihin, vaan koko elinkaaren aikaisiin vaikutuksiin. Energiankulutus, ylläpito ja ympäristövaikutukset tulee huomioida koko rakennuksen elinkaaren ajalta. (Rakennusteollisuus RT.)

Yksi suurimmista ekologisuuteen vaikuttavista tekijöistä on rakennuksen energiankulutus, jossa rakentamisvaiheen osuus noin 10% ja käyttövaiheen noin 90% kun rakennuksen käyttöikä on 50 vuotta. Energiankulutus tapahtuu pääosin rakennuksen käyttövaiheessa ja juuri käyttövaiheeseen sijoittuu paljon säästömahdollisuuksia. Tästä huolimatta rakentamisvaiheen ja materiaalien valmistuksen päästöjä ei sovi unohtaa, vaan ne tulee pyrkiä saamaan mahdollisimman alhaisiksi. (Punkki 2003: 510–511.)

Tämä diplomityö keskittyy erityises-

ti rakennusmateriaalien ympäristökuormitukseen ja kierrätettävyyteen, sekä rakennuksen pitkäikäisyyteen ja kykyyn sopeutua erilaisiin käyttötarkoituksiin. Rakennusmateriaalien terveellisyttä sivutaan, mutta rakennusten energiankulutus ja muu käyttöön liittyvä ympäristökuormitus on jätetty pois tarkastelusta.

Rakennus ajassa

Muuntojoustavuus

Muuntojoustavuus tarkoittaa sitä, että rakenne tai rakennus kykenee mukautumaan käyttötarkoituksen muutoksiin elinikänsä aikana. Muuntautumiskyky takaa sen, että rakennus on käyttökelpoinen yllättävienkin muutosten jälkeen, aiheuttamatta huomattavia ympäristökuormia tai taloudellisia tappioita. (Punkki 2003: 513.)

Muuntojoustavasta arkkitehtuurista puhuttaessa termit *sopeutuvuus* (adaptability) ja *joustavuus* (flexibility) ovat yleisiä. Schneiderin ja Tillin (2005) mukaan rakennukseen voi olla sisäänrakennettu ominaisuus sopeutuvuuteen, jolloin rakennus sopeutuu moniin eri sosiaalisiin käyttötarkoituksiin, ilman että rakennusta muutetaan fyysisesti. Krokfors (2017: 44) täydentää sopeutuvuuden määritelmää väitöskirjassaan sillä, että rakennuksella on ominaisuus sopeutua yhteiskunnan muutoksiin, jolloin termillä voidaan viitata rakennuksen mukautuvaan luonteeseen. Rakennuksen joustavuus on käytännönläheisempi termi ja tarkoittaa sitä, että monet erilaiset tilajärjestelyt ovat mahdollisia (Schneider ym. 2005).

Nykyrakentamiselle on ominaista että rakennukset suunnitellaan tiukasti valitsevan ajan vaatimusten mukaan, eikä tulevaisuutta oteta huomioon. Rakennukset nähdään kulutustuotteina, joilla on yksi käyttötarkoitus ja se pysyy samana koko oletetun elinkaaren ajan (Krokfors 2017: 20). Voidaan kuitenkin todeta, että liian tarkka käyttötarkoituksen määrittely ja optimointi heikentävät rakennuksen muuntautumiskykyä tulevaisuudessa joka johtaa usein rakennuksen purkamiseen. Kirjailija ja futuristi Stewart Brandin (1994: 2) mukaan rakennukset ovat alati muuttuvan kulttuurin, talouden ja käyttötarkoituksen paineen alla, ja toimiva rakennus pystyy muuttumaan ajan mukana.

Muuntojoustavuus tukee kestäväää kehitystä ja se tuo pitkällä aikavälillä taloudellisia hyötyjä yhteiskunnalle ja käyttäjälle (Hakaste 2015: 69). Muuntojoustavuus on resurssitehokasta ja ehkäisee tarpeettoman jätteen synnyn ja uudesta rakentamisesta aiheutuvan ympäristökuorman. Kun rakennus kykenee muuntautumaan erilaisiin tarpeisiin, niin uudelta rakentamiselta vältytään, joka säästää puolestaan yhteiskunnan resursseja. Käyttäjätasolla muuntojoustava tila mukautuu erilaisiin elämänvaiheisiin ja tarjoaa mahdollisuuksia esimerkiksi erilaisille perhemuodoille.

Joustavan rakentamisen ratkaisut

Skenaariosuunnittelu

Steward Brandin (1994: 178) mukaan skenaariosuunnittelu edesauttaa muuntojoustavaa rakentamista. Siinä hyödynnetään rakennuksen tulevien käyttäjien tarkkoja haastatteluja ja rakennusta käsitellään strategiana eikä pelkkänä suunnitelmana. Kun tavallisesti rakennus suunnitellaan yhtä käyttötarkoitusta varten, niin skenaariosuunnittelussa rakennuksen käytölle ja tulevaisuudelle muodostetaan erilaisia skenaarioita, joihin suunnitteluratkaisuissa varaudutaan. Skenaariosuunnittelu takaa sen, että mitä tahansa tulevaisuudessa tapahtuu, rakennus osaa vastata muuttuviin tarpeisiin.

Typologinen joustavuus

Typologinen joustavuus viittaa rakennuksen kykyyn muovautua erilaisiin käyttötarkoituksiin. Rakennuksen toimintoja ei ole määritetty liian tarkkaan etukäteen, vaan käyttötarkoituksia on monia. (Krokfors 2017: 302.) Typologisesti joustavaksi suunnitel-

tu rakennus voi mahdollistaa asuntojen yhdistämisen ja eriyttämisen pienemmiksi yksiköiksi. Tilat voivat muuttua esimerkiksi asunnoista liiketiloiksi, jos se on taloudellisesti kannattavaa. (Krokfors 2010: 215.)

Rakennuksen muoto

Muodoltaan suorakulmainen rakennus on yleensä muuntojoustavin, koska sen on helppo kasvaa ulospäin rakennuksen elinkaaren aikana (Brand 1994: 192). Laatikko- maisten ja tasakattoisten rakennusten korottaminen on helppoa ja jättämällä sivuseinät ikkunattomiksi myös sivusuuntainen laajentaminen on mahdollista.

Tilat

Muuntojoustavien rakennusten tulisi sallia tilojen yhdistely ja jakaminen (Talja 2014: 9). Tilojen koolla ja joustavuudella on havaittu olevan yhteys. Tarpeeksi väljä, *neutraali tila* mahdollistaa monia eri toimintoja. Neutraalin tilan minimikoot ovat 3,6 x 3,6 metriä tai 3,3 x 3,9 metriä eli vähintään 13m². Neutraaliin tilaan on hyvä johtaa kaksi ovea, joka lisää joustavuutta. (Krokfors 2010: 216.)

Schneider ja Till (2005) jakavat tilojen käytön kahteen kategoriaan, jotka ovat *pehmeä* (soft) ja *kova* (hard). Pehmeässä lähestymistavassa asunto mukautuu käyttäjän tarpeisiin, jolloin suunnittelijan tekemät ratkaisut jäävät taka-alalle. Kova lähestymistapa puolestaan tuo suunnittelijan ratkaisut esille, sillä tilan käyttötavat on määriteltävä käyttäjälle etukäteen. Pehmeä käyttö vaatii yleensä suurempia ja vapaampia tiloja kuin kova ja sen taustalla on rento ote suunnitteluun ja tekniikkaan. Tästä esimerkkinä neutraali tila, jonka käyttötarkoitusta ei ole päätetty etukäteen. Kovassa lähestymistavassa tilojen koko ja keinot joilla muun-

tojustavuuteen päästään on tarkasti määriteltä. Liukuseinät, tilanjakajat ja muut joustavuutta edistävät ratkaisut ovat esimerkkejä kovasta lähestymistavasta.

Tarpio (2015: 4) jaottelee tutkimuksensa tilat erilaisiin logiikoihin, jotka ovat *halli ja huoneet -logiikka*, *monireittilogiikka*, *kytköhuonelogiikka*, *muuntoaluelogiikka*, *moduulistruktuurilogiikka* ja *ytimestä kasvamisen logiikka*. Nämä eri logiikat perustuvat tilojen muunneltavuuteen tai monikäyttöisyyteen ja voivat esiintyä tilassa joko yksittäin tai samanaikaisesti. Jokaiseen logiikkaan liittyy sille ominaisia rajoitteita ja mahdollisuuksia. Tässä diplomityössä tarkemmassa tarkastelussa ovat halli ja huoneet -logiikka, monireittilogiikka ja kytköhuonelogiikka.

Halli ja huoneet -logiikassa läpikuluttomat huonetilat järjestyvät yhteisen hallin ympärille, joka takaa sen, että huoneita voidaan käyttää joustavasti erilaisiin tarkoituksiin. Hallina voi toimia esimerkiksi eteinen ja keittiö, joista kuljetaan huoneisiin. Huoneiden koko tulee olla riittävän suuri, jotta ne voidaan helposti kalustaa erilaisille toimintoille kuten olo- tai makuuhuoneeksi. Halli ja huoneet -logiikka on erityisen käyttökelpoinen esimerkiksi perhe- tai kimpasunnoissa, jolloin yksityisyyden tarve korostuu. (Tarpio 2015: 149.)

Monireittilogiikassa huoneisiin johdetaan useita kulkuaukkoja, jotka mahdollistavat huoneen käytön eri tavoin. Logiikassa huoneet ryhmitellään huonesarjoiksi, joiden välille muodostuu useita eri kulkureittejä. Huoneet ovat lähtökohtaisesti läpikulkujä, mutta läpikulkua voidaan säädellä esimerkiksi kalustusta muuttamalla. Muuntojousto saavutetaan sillä, että reittien on mahdollista muuttua ajan mukana. (Tarpio 2015: 173.)

Kytköhuoneella tarkoitetaan huonetta, joka voidaan joko liittää tai erottaa asunnosta tarvittaessa, jolloin asunnon koko muuttuu (Tarpio 2015: 211). Kytköhuone voi sijaita joko yhden asunnon vieressä tai kahden välissä, jolloin se voidaan yhdistää kumpaankin asuntoon. Kytköhuone voi toimia myös itsenäisenä tilana, esimerkiksi työhuoneena tai yksionä.

Rakenteet

Muuntojoustavuuden kannalta rakenteet tulisi ylimitoittaa, jotta ne mahdollistavat lisäkerrosten rakentamisen myöhemmin (Brand 1994: 186). Pitkät jännevälit sallivat tilojen vaivattoman muuntelun ja huoneistojen väliset seinät tulee suunnitella niin, että niitä voidaan myöhemmin aukottaa. Moduulijärjestelmän käyttö ja standardimittaiset rakennusosat helpottavat muunneltavuutta. (Talja 2014: 9.)

Rakennekerrosten tulee olla helposti erotettavissa toisistaan, jolloin niitä on helppo huoltaa, muokata ja vaihtaa käytön aikana. Yksinkertaiset ja vankat rakenteet ovat usein parhaita vaihtoehtoja muuntojoustavuuden kannalta, sillä ne sallivat muokkaamista tulevaisuudessa ja talotekniikka on yleensä helposti saavutettavissa. (Schneider ym. 2005.)

Tekniikka

Tekniikan, kuten sähkö- ja LVI-järjestelmien tulee olla ennen kaikkea helposti saavutettavissa ja muunneltavissa. Asennuslattiat, asennuskatot sekä asennusputket ovat toimivia esimerkkejä helposti huollettavasta tekniikasta. Rakenteiden sisään kiinteästi asennetut putket on hankala korjata, sillä ne vaativat rakenteen purkamista. (Talja 2014: 9.) Lisäksi ne vaikeuttavat purkujätteen erittelyä rakennuksen elinkaaren lopussa. Ilmanvaihtojärjestelmistä asunkohtainen ilmanvaihto on lähtökohtaisesti parempi kuin keskitetty. (Hakaste 2015: 71).

Talous

Muuntojoustavat ratkaisut maksavat yleensä perinteistä ratkaisua enemmän rakentamishetkellä. Jotta suunnitteluratkaisuista saadaan kaikki irti, tulee niitä osata hyödyntää rakennuksen käyttöaikana. (Hakaste 2015: 70.) Brand (1994: 190) kertoo kirjassaan, että yleensä muuntojoustava rakenne maksaa enemmän kuin tavanomaisessa joustamattomassa rakennuksessa, kun taas viimeistelyssä päästään halvemmalla. Jatkuva rakennuksen hienosäätö ja huolto vaativat enemmän rahaa kuin normaalisti, mutta toisaalta näin säästytään kokonaan uuden rakennuksen rakentamiselta.

Haasteet joustavuudelle

Haasteita joustavuudelle luovat monet seikat aina kaavoittamisesta rakennustekniikan ratkaisuihin. Hakaste (2015: 72) näkee suurimman ongelman olevan elinkaarikustannusnäkökulman puute. Kiinteistö- ja rakennusala keskittyvät liikaa hankintakustannuksiin, eivätkä hahmota joustavasta rakentamisesta tulevia kustannussäästöjä pitkällä aikavälillä. Hakaste korostaa myös, ettei muuntojoustavuuden hyödyistä tai siihen johtavista suunnitteluratkaisuista tiedetä tarpeeksi.

Kirjassa *Asutaan urbaanisti! : laadukkaaseen kaupunkiasumiseen yhteisellä kehittelyllä* (2010) Krokfors käy läpi erilaisia seikkoja, jotka vaikeuttavat typologisen joustavuuden toteutumista tavallisessa asuntotuotannossa. Merkittävä rooli on esimerkiksi kaavoituksella ja rakennuslailla, jotka luovat perustan kaikelle suunnittelulle. Kuinka rakennus voisi olla joustava, jos sitä ohjaava kaavoitus ei ole?

Hyvänä esimerkkinä joustamattomasta kaavoituksesta toimii rakennusalan mitoittaminen. Rakennusalan tarkka mitoittaminen annetulle rakennusoikeudelle rajaa rakennuksen tiettyyn muotoon, eivätkä muut hahmot yleensä ole mahdollisia. Rakennusala määrittää tämän myötä runkosyvyyden ja

jälleen talotyyppiin ja porrashuoneen sijainnin sekä asuntojen ryhmitysperiaatteen. Jos rakennusala olisi joustavampi, niin myös erilaiset ratkaisut voisivat olla mahdollisia. Myös rakennuksen pääasiallinen käyttö sekä autopaikkojen määrä ja sijainti määritellään asemakaavassa, jotka molemmat osaltaan vaikeuttavat muuntojoustavuuden syntyä. Jos talotyyppi on ennalta tarkkaan määritetty, on asuntojen muuttaminen esimerkiksi toimistotilaksi haastavaa. (Krokfors 2010: 224–225.)

Rakennuslaissa määrätään asuntojen minimikoot, joista on tullut nykyrakentamisessa käytännön normeja, joiden mukaan rakennusteollisuus kehittää valikoimaansa. Tämän vuoksi tavanomaisista mitoista poikkeaminen on usein kallista, esimerkiksi pienikin kerroskorkeuden korottaminen nostaa hintaa huomattavasti. (Krokfors 2010: 231.) Minimikokoiset asunnot palvelevat rakentajia, jotka keskittyvät rakentamaan edullisesti ja unohtavat elinkaarinäkökulman. Käyttäjien monimuotoiset toiveet jäävät tässä kamppailussa yleensä toissijaisiksi.

Krokfors kertoo kirjassa myös uusista menetelmistä, joiden avulla sekä kaavoitusta että asenteita voitaisiin muuttaa muuntojoustoa sallivampaan suuntaan. Kaavoitusta voisi uudistaa kaksivaiheisella asemakaavalla, sekä rakennussuunnittelun ja asemaakaavoituksen lomittumisella. Rakennussuunnittelun pohjana ja kaavallisena ohjausmuotona olisi osayleiskaavan tapainen joustava kaava, jonka perusteella rakennusta ja asemakaavaa alettaisiin suunnitella. Jäykkiä asenteita rakentamiseen liittyen voitaisiin muuttaa esimerkiksi lisäämällä tavoitteellista koerakentamista, jonka tulisi olla mittakaavaltaan sarjallista, eikä vain yksittäisiä kohteita. Kun koerakentamista olisi tarpeeksi, se voisi alkaa vaikuttaa asenteisiin ja rakennustapoihin. (Krokfors 2010: 227, 237.)

Muuntojoustoa vaikeuttavat myös rakennuksen sisäiset järjestelyt. Esimerkiksi asennuslattiat toimivat erityisesti toimisto-

rakentamisessa, mutta ovat asuntotuotannossa kallis ja harvinainen ratkaisu (Hakaste 2015: 71). Rakennekerrosten sekoittuminen tekniikan ja rakenteen osalta on tavallista ja se hankaloittaa teknisten ratkaisujen muuttamisen ajan kanssa. Tekniikkaan liittyvät epäkohdat on kuitenkin helpommin korjattavissa, kuin syvään juurtuneet asenteet ja käytännöt.

Rakennusmateriaalit

Rakennusmateriaalia valittaessa on oltava tietää, kuinka se vaikuttaa terveyteen, ekosysteemiin ja luonnonvaroihin sekä aiheuttaako materiaali ympäristöhaittoja (Block ym. 2004: 8). Rakentamisessa tulee suosia biohajoavia materiaaleja synteettisten sijaan, jotta aineen kierto pysyy tasapainossa. Synteettiset aineet kerääntyvät ekosysteemeihin, ihmisiin ja ravinteisiin, eivätkä hajoa helposti, toisin kuin biohajoavat aineet, jotka luontoon päätyessään toimivat ravintoaineena ekosysteemille. Esimerkkejä luonnolle haitattomista rakennusaineista ovat maa-aines, kivi, puu, selluloosa, lasi ja luonnonkuidut. Kun näitä materiaaleja ei voida enää hyödyntää rakentamisessa, ne voidaan palauttaa luontoon osaksi ekosysteemiä. Mitä yleisempi on metalli luonnossa, sitä vapaammin sitä voidaan käyttää ilman pelkoa liian suuriksi kasvavista pitoisuuksista. Rauta ja alumiini ovat esimerkkejä helposti luonnosta löytyvistä metalleista, toisin kuin kupari ja kadmium, jotka ovat harvinaisia. (Graham 2003: 212–213, Robèrt 2002:69.)

Runkomateriaalin valinta

Rakennuksen rungon materiaalilla on suurin vaikutus rakennuksen ympäristöystävällisyyteen, koska se on kooltaan ja painoltaan suurin yksittäinen rakennusosa. Runko, välipohjat ja seinät muodostavat tavallisessa tapauksessa noin puolet koko rakennuksen hiilijalanjäljestä. Sen vuoksi ympäristöystävälliseen lopputulokseen pyrittäessä suunnittelun alkuvaiheella on eniten merkitystä. Myös korjausvaiheessa käytettyjen materiaalien merkitys hiilijalanjälkeen on merkittävä, sillä esimerkiksi metallien, muovien ja lasin määrä on silloin suhteellisen korkea. (Korhonen ym. 2013: 29.)

Puu on rakennusaineena monella tapaa ympäristöystävällisempi kuin teräs, betoni

tai tiili. Puutuotteiden valmistaminen kuluttaa vähemmän energiaa eikä puun kasvattaminen saastuta ympäristöä. Ilmastokannalta suurin hyöty on puun toimiminen hiilivarastona. Jokainen kilogramma kasvavaa puuta varastoi 1,5–1,8 kilogrammaa hiilidioksidia ilmakehästä. (Berge 2009: 217.)

Materiaalitehokkuus

Materiaalitehokkuudella tarkoitetaan luonnonvarojen säästeliästä käyttöä, jätteen määrän vähentämistä, sivuvirtojen hyödyntämistä ja materiaalin kierrättämistä. Materiaalitehokkuuden avulla voidaan vähentää ja ehkäistä syntyvän jätteen määrää, jonka vuoksi se on olennainen osa ekologista rakentamista. (Talja 2014: 5.)

Materiaalitehokkuutta voidaan edistää muun muassa parantamalla tilojen ja rakenteiden muuntojoustavuutta, rakennusten monikäyttöisyyttä ja purettavuutta. Kierrätysmateriaalien arviointimenetelmien kehittäminen ja tietomallin hyödyntäminen sekä ylläpito- että korjausvaiheessa edistävät osaltaan materiaalitehokkuutta. (Talja 2014: 22.) Suurimmat esteet materiaalitehokkuudelle ovat lajitteluun ja kierrättämiseen liittyvä pieni taloudellinen hyöty, suunnitteluratkaisut jotka estävät materiaaleja säästävän purkamisen, rakennusmateriaalien ja jätteiden puutteellinen suojaus työmailla sekä asenteet jotka estävät uudiskäytön (Hakaste 2014: 16).

Rakenteisiin sitoutuneen energian ja purkamisesta aiheutuvien jätteiden määrän arviointi ei ole vielä vakiintunut käytäntöön. Tulevaisuudessa materiaalitehokkuus tulisi ottaa osaksi rakennuksen elinkaarisuunnittelua ja arviontia helpottamaan tulisi luoda yhdenmukaiset indikaattorit ja menetelmät. (Talja 2014: 23.)

Kierrätyspuu

Kaikesta Suomessa tuotetusta rakennusjätteestä yli kolmasosa on puuta. EU:n jätedirektiivi kuitenkin edellyttää, että tulevaisuudessa kokonaisten tuotteiden uudelleenkäyttö sellaisenaan on asetettava uusiokäytön ja muiden hyödyntämistapojen edelle. Jätedirektiivissä on tavoite, jonka mukaan 70% rakennus- ja purkujätteestä tulee hyödyntää materiaaliksi vuoteen 2020 mennessä. Tämä tarkoittaa sitä, että purkupuuta tulee tulevaisuudessa hyödyntää muutenkin kuin polttamalla energiaksi. (Huuhka ym. 2018: 8). Tänä päivänä Suomessa jätetuusta lähes 95% poltetaan energiaksi ja vain noin 5% hyödynnetään kierrätysmateriaalina. (Tilastokeskus 2016).

Tällä hetkellä uudelleenkäyttö ja kierrättäminen otetaan harvoin huomioon rakentamisessa, joka keskittyy tuottamiseen, pystyttämiseen ja rakennusten toiminnallisuuteen. Hyöty siitä, että puu toimii hiilinieluna, voidaan saavuttaa vain materiaalin uudelleenkäytöllä ja kierrättämisellä. Vasta kun kaikki kierrätysvaihtoehdot on käytetty läpi, voidaan puutavara luovuttaa energiakäyttöön. (Hafner ym. 2014: 815.) Puuta kierrättäessä täytyy muistaa, että mitä pidemmät puun yksittäiset syyt ovat, sitä pidempään hiiliatomit pysyvät pois ilmakehästä. (Berge 2009: 173).

Käytetyn puun lajittelu

Suomessa käytetyn puutavaran lajittelu ja luokittelu on vajavaista ja se vaikeuttaa uudelleenkäyttöä. Koska puutavara on luonteeltaan vaihtelevaa, lajittelun tulisi perustua tarkkojen mittojen sijaan vaihteluväleihin, jotka määrittävät todennäköisten uudelleenkäyttökohteiden mukaan. Käytetyn puutavaran laatu- ja lujuusluokittelua tulisi kehittää uudella kriteeristöllä. Uuden puutavaran laatu- ja lujuusluokittelua soveltuu huonosti uudelleenkäytettävälle puutavaralle

esimerkiksi siksi, että käytettyä puutavaraa on usein käsitelty ja siinä saattaa olla reikiä kiinnityskohdissa. Röntgenin käyttö sahatavaran luokitteluun on tavallista, ja sitä voitaisiin hyödyntää myös metalliosien löytämiseen purkupuusta. Uuden puutavaran lujuusluokitteluun käytettävien koneellisten menetelmien sopivuutta uudelleenkäytettävän puun arvioimisessa tulisi tutkia jatkossa. Jos puutavaraa ei lujuusluokitella, ei sitä voida käyttää kantavissa rakenteissa. (Huuhka ym. 2018: 58)

Saksassa käytetty puutavara on jaettu neljään kategoriaan, joiden avulla voidaan kartoittaa, mihin käyttötarkoitukseen puutavara sopii. Suomessa VTT on käyttänyt samoja ryhmiä tutkittaessa puujätteen sopivuutta biopolttoaineeksi. Kategoriat ovat:

A: Puutavara sen luonnollisessa tilassa tai ainoastaan mekaanisesti työstettynä. Ei ole altistunut haitallisille yhdisteille. Saa sisältää korkeintaan 2p-% mekaanisia epäpuhtauksia (kuten liimoja, nauvoja).

B: Liimattua, maalattua, päällystettyä, lakattua tai muuten käsiteltyä puuta, joka ei sisällä halogenoituja orgaanisia yhdisteitä pinnotteissa tai puun kyllästysaineita.

C: Puujäte, joka sisältää raskasmetalleja ja halogenoituja (esim PVC) orgaanisia yhdisteitä pinnotteissa, ei sisällä kyllästysaineita. Kaikki purkupuuta kuuluu tähän luokkaan ellei toisin todisteta.

D: Puujäte, joka on kyllästetty, esimerkiksi rata- ja puhelinmastot tai kaikki muu puujäte, jota ei voi sen saastumisen vuoksi ryhmitellä luokkaan A, B tai C. (Hafner & Ott 2014: 816–817, VTT 2014: 13–16.)

Puun uudelleenkäyttömahdollisuudet

Uusiokäyttö

Uusiokäytössä tuote tai osa käytetään samaan tarkoitukseen kuin mihin se on alunperin valmistettu. Uusiokäytöllä tarkoitetaan, että esimerkiksi massiivirakenne puretaan ja käytetään uudelleen sellaisenaan samaan käyttötarkoitukseen kuin aiemmin. Massiivipuurakenne voidaan myös esimerkiksi leikata pienempiin osiin tai hyödyntää palkkirakenteina, jolloin rakenne kierrätetään, mutta se säilyttää vielä osan alkupe-
räisistä ominaisuuksistaan. Uusiokäyttö on hyödyllistä ainoastaan suurikokoisilla rakenteilla ja esimerkiksi laminoiduilla elementeillä, joissa ei ole vikoja. (Hafner ym. 2014: 819–820.)

Kierrättäminen

Kierrättämisellä tarkoitetaan mitä vain tapahtumaa, jossa jättemateriaali työstetään uudeksi tuotteeksi, materiaaliksi tai rakenteeksi, huolimatta siitä, onko käyttötarkoitus vanha vai uusi. Kierrättäminen sisältää orgaanisen materiaalin uudelleentyöstön, mutta ei energiakäyttöön muokattavia tuotteita. (Hafner ym. 2014: 819.) Kierrättäminen onnistuu luokissa A ja B (Puuinfo 2014).

Energiakäyttö

Energiakäyttö tarkoittaa, että materiaali poltetaan. Puuhun varastoitunut energia vapautuu ja se käytetään hyödyksi esimerkiksi lämmityksessä. Polttaminen sopii seuraavanlaisille puumateriaaleille:

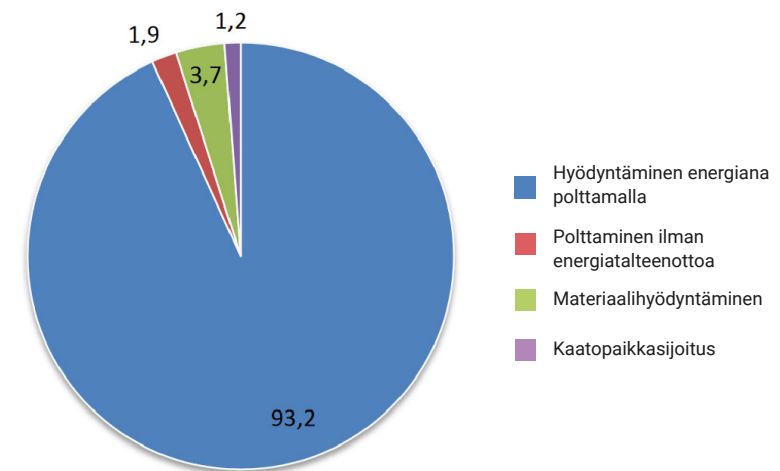
- Lakattu tai maalattu puu
- Puu joka sisältää myrkyllisiä aineita (kuten PCP:tä, kyllästeitä)
- Pienet puuosat, jotka on yhdistetty liimalla
- Muut puutuotteet, joita ei ole helppo erottaa toisistaan. (Hafner ym. 2014: 819.)

Kierrättämisen haasteet

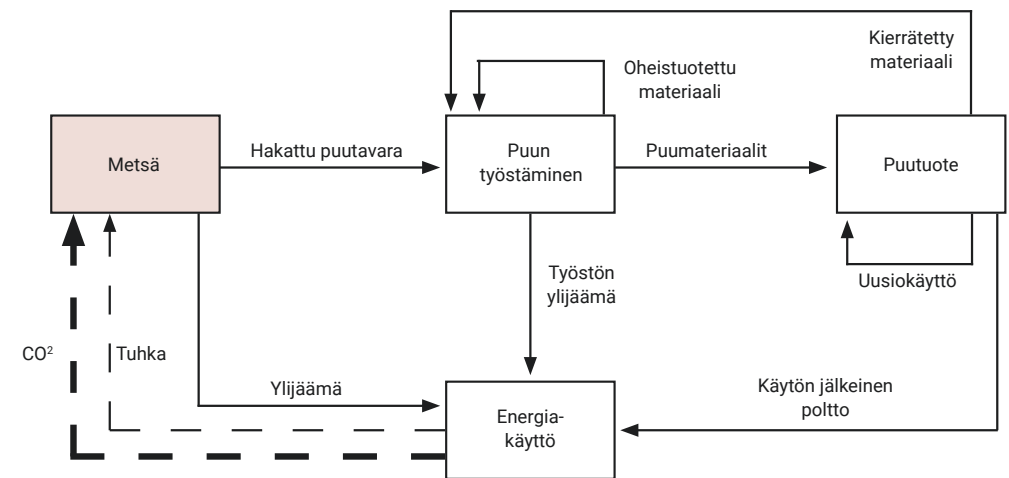
Puurakenteen kierrättäminen vaatii enemmän työtä kuin betoni- tai teräsrakenteiden kierrätys. Raskaat käsittelyt ja yhdistely muihin materiaaleihin alentavat elementin arvoa. Puun erottaminen muusta rakennusjätteestä on hankalaa, eikä uusiokäyttö sellaisenaan ole mahdollista, jos puun laatu on heikentynyt. Puumateriaalin pilkkominen lastu- tai kuitulevyksi on yleistä ja suotavaa, mutta tällöin materiaalin kaikkia mahdollisuuksia ei hyödynnetä. (Hradil, Talja, Wahlström, Huuhka, Lahdensivu & Pikkuvirta 2014: 36.)

Puumateriaali voidaan uudelleenkäyttää ainoastaan silloin, kun se ei sisällä haitallisia yhdisteitä. Puutavaraa on käsitelty haitallisilla kemikaaleilla 1900-luvun alusta alkaen, suojauskeinona hometta ja tuholaisia vastaan. Kemikaalikäsittelyt haittaavat ja jopa estävät puun kierrättämisen. (Hafner ym. 2014: 816)

Puurakenteiden uusiokäyttö on riippuvainen monista tekijöistä. Kuljetuksen tulee olla taloudellisesti mahdollista, puutavaralle tulee löytyä tarvittavat varastotilat sekä tilat, joissa erottelu ja lajittelu tehdään. (Taylor & Warnken 2008: 21.) Suomessa kierrättäminen on vähäistä, koska neitseellistä puuta on saatavilla paljon. Pitkät etäisyydet ja harva asutus nostavat kuljetuskustannuksia ja tällöin polttaminen energiaksi paikallisessa voimalassa on kannattavampaa kuin kuljetus ulkopaikkakunnalle kierrätyslaitokseen. Puutavaran kierrättämistä Suomessa on hankala verrata tilanteeseen Keski-Euroopassa, sillä lähtökohdat poikkeavat toisistaan paljon. Suomessa runsaan puuteollisuuden raaka-aineena syntyy paljon puhdasta käyttökelpoista sivutuotetta, jonka käyttäminen kierrätykseen on helpompaa kuin kerran käytetyn, mahdollisesti epäatsalaatuisen ja käsitellyn puutavaran. (Myl-
ler 2015: 21.)



Kaavio 3: Jätepuun käsittely 2014 (%) (Tilastokeskus 2016)



Kaavio 4: Puumateriaalin kierto rakennusteollisuudessa. Kaavio suomennottu (Dodoo ym. 2014: 155).

Lopulta kaikki käytetty puu päätyy Suomessa tavalla tai toisella energiaksi, pitkän lämmityskauden vuoksi. Se lisää puujätteen kysyntää ja nostaa sen arvoa. Kierrätyspuun etuna on sen alhainen kosteuspitoisuus ja näin ollen parempi tehollinen lämpöarvo. Tämän vuoksi Suomessa vallitsee tällä hetkellä ajattelumalli, jossa jätepuu menee automaattisesti polttoon ja puuteollisuuden puhtaat sivutuotteet jalostetaan uusiksi tuotteiksi. Paras hyöty yhteiskunnallisesti puusta kuitenkin saataisiin, kun se kierrätettäisiin puutuotteiden kautta energiaksi, tätä kutsutaan *kaskadikäytöksi*. (Myller 2015: 22,25.)

Purettavuuden suunnittelu

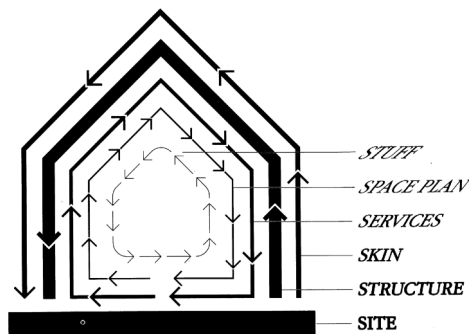
Tutkijat Hafner ja Ott (2014: 823) listaavat ohjeita helposti kierrätettävän rakennuksen suunnittelulle. Niitä ovat muun muassa modulaarisuus rakennusosissa ja rakenteissa, ruuvien käyttö naulojen sijaan liitoksissa, komposiittimateriaalien ja myrkyllisten yhdisteiden välttäminen, puutavaran uudelleenkäyttö sekä ylläpidon ja korjauksen suunnittelu etukäteen.

Yksi keskeisimmistä helposti kierrätettävän rakennuksen suunnittelun periaatteista on rakenteiden kerroksellisuus. Rakennus koostuu Brandin (1994:13) mukaan useista rinnakkaisista kerroksista, jotka ovat ra-

kennuksen sisältä ulospäin lueteltuna: *liikuteltavat kalusteet* (stuff), *tilasuunnitelma* (space plan), *lvi* (services), *rakenne* (structure), *verhous* (skin) sekä *tontti* (site). Modernissa rakentamisessa useat kerrokset on yhdistetty yhdeksi rakenteeksi. Kerrosten huoltaminen ja purkaminen osoittautuu näissä tapauksissa hankalaksi, varsinkin jos lyhytikäiset rakenneosat sijaitsevat pidempi-ikäisten sisällä. Kierrätettävyyden kannalta olisikin tärkeää suunnitella teknisesti erillisiä kerroksia, joihin on helppo päästä käsiksi milloin vain.

Liitokset ovat olennaisessa osassa puutavaran kierrätyksessä. Niiden suunnitteluun täytyy tulevaisuudessa käyttää entistä enemmän aikaa ja erityisesti rankarakenteiden ja massiivipuulevyjen liitosdetaljeja tulee kehittää. Elementtien välisiin liitoksiin tulee kiinnittää eritoten huomiota rankarakenteisiin perustuvissa järjestelmissä. (Huuhka ym. 2018: 59.)

Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että pulutatut liitokset ovat helpommin kierrätettävissä kuin naulatut tai liimatut. Rakenteissa, jotka halutaan tulevaisuudessa uusiokäyttää, tulee hyödyntää korkealaatuista puutavaraa. Rakenteet kannattaa hieman ylimitoitaa, jolla varmistetaan etteivät ne taivu pitkäläkään aikavälillä ja toimivat myös tulevaisuuden ennalta arvaamattomissa käyttötar-koituksissa. (Berge 2009: 219.)



Kaavio 5: Rakennuksen kerroksellisuus (Steward Brand 1994:13)

Massiivipuorakenteet

Massiivirakenteessa yksi yhtenäinen rakennekerros huolehtii kaikista rakenteelle asetetuista tehtävistä (Saatsi 2017: 25). Massiivipuulla tarkoitetaan pääosin yksiaineista rakennetta, joka koostuu puusta. Nämä rakenteet ovat yleensä kantavia ja niiden pak- suus on suurempi kuin tavanomaisen puuta- varan. Rakenteet voivat olla sekä vaaka- että pystyrakenteita, seiniä, kattoja sekä lattioita. (Heikkilä 2002: 9.)

Massiivipuorakenne voidaan valmistaa huonokuntoisestakin puusta ja kierrätet- tyä puutavaraa voidaan hyödyntää (Berge 2009: 230). Puutavarana käytetään esimer- kiksi sahatavaraa, viilua, suikaleita tai lastu- ja. Liima- ja metalliliitokset ovat tänä päi- vänä yleisimpiä ja perinteiset puuliitokset vähemmän käytettyjä. Erilaisia liitántäpo- ja ovat muun muassa tapit, salvokset, naulat, niitit, pultit, ruuvit ja liimat. Vaikka liitän- tätapoja on monia, niiden tehtävä on aina sama: liittää yhteen puukerrokset ja välit- tää rakenteeseen kohdistuvia kuormituksia. (Mayo 2015: 13,30.)

Hyödyt

Massiivipuusta rakentamiseen liittyy usei- ta hyötyjä, kuten ympäristöystävällisyys, ra- kenteen yksinkertaisuus ja rakentamisen no- peus. Yksinkertainen rakenne on ei ole yhtä vikaherkkä kuin monikerrosrakenne, sillä siinä yksi rakenne hoitaa kaikki rakenteelle keskeiset tehtävät.

Massiivipuusta rakennettaessa raken- nuksen maanpäällinen osa voi olla jopa 25% nopeammin valmis kuin vastaava teräksestä tai betonista rakennettuna. Nopeus saavu- tetaan elementtien korkealla esivalmistus- asteella. Työmaa jossa rakennetaan mas- siivipuusta, vaatii 90% vähemmän rekkoja käyttöönsä, verrattuna betonista rakenta- viin työmaihin. Lisäksi puusta rakentami- nen on hiljaisempaa kuin betonista, joka

rauhottaa työmaata. (Jackson, Luthi & Bo- yle 2017.)

Puu on hygroskooppinen materiaali, eli se sitoo ja luovuttaa kosteutta ympäristös- tään. Massiivipuun ylläpitää tilan kosteusta- sapainoa ja luo näin miellyttävän sisäilman. Käsittämätön puupinta reagoi parhaiten sisäilman kosteuteen, mutta myös alhaisen höyrynläpäisyvasteen omaavien käsittelyjen käyttö on mahdollista. Hygroskooppisia ma- teriaaleja käyttämällä voidaan vähentää ko- neellisen ilmanvaihdon tarvetta ja säästää energiaa. (Puuinfo.)

Kierrättäminen

Koska suurin osa massiivipuorakenteista on Suomessa niin uusia, ei niitä esiinny purku- tavaravirroissa vielä pitkään aikaan. Jos jär- jestelmät kuitenkin yleistyvät, pitää niiden purettavuus ja uudelleenkäyttö ottaa huo- mioon jo suunnitteluvaiheessa. (Huuhka ym. 2018: 201.) Rakennusten suunnitteleminen purettaviksi säästä luonnonvaroja ja edistää kestäväää rakentamista.

Massiivipuorakenteiden kierrätys on yk- sinkertaisempaa kuin monikerrosrakentei- den, sillä ne sisältävät vähemmän liitoksia jotka osoittautuvat haastaviksi purkuvai- heessa. Kaikkein suotavin tapa on käyttää massiivipuorakenne sellaisenaan uudestaan samaan käyttötarkoitukseen, jolloin sen täy- si potentiaali saadaan hyödynnettyä (Hafner ym. 2014: 815). Lisää massiivipuutuotteiden kierrätyksestä sivulla 64-65.

Liitokset

Liitokset ovat tärkeässä asemassa rakennuk- sen purkamista tarkastellessa. Niiden tuli- si olla helposti löydettävissä ja osien irrot- tamisen tulisi olla mahdollista ilman, että materiaali rikkoutuu. Mitä vähemmän lii- tostyypppejä tai liittimiä rakenteessa on, sitä

helpompaa se on purkaa. Erityisesti verhoilussa tulisi käyttää mekaanisia kiinnikkeitä liimojen ja tiivistysmassojen sijaan. Nyrkisääntönä voidaan pitää sitä, että jos rakennus on helposti koottava, on se yleensä myös helppo purkaa. (Talja 2014: 9.)

Puuliitokset

Puiset liitokset, kuten salvokset ja puutapit ovat kierrättämisen kannalta paras vaihtoehto, sillä ne tekevät puusta täysin yksiaineisen, eivätkä yleensä heikennä puun kestävyyttä. Salvoksin toteutetut liitokset on erittäin helppo purkaa. Esimerkiksi hirsi-salvokset ovat mekaanisia puuliitoksia ja täysin purettavia (Huuhka, Köliö, Annila & Poti 2018: 37). Puhdas puujäte voidaan maa-doiittaa tai kierrättää raakana puutavarana erilaisiin puutuotteisiin, kuten lastulevyksi (Berge 2009: 173).

Metalliliitokset

Metallikiinnikkeitä ovat esimerkiksi naulat, pultit ja ruuvit. Metallikiinnikkeiden poistaminen on yleensä työlästä ja estää puun uudelleenkäytön. Juuri metallikiinnikkeiden vuoksi suuri osa puurakenteista menee energiakäyttöön (Talja 2014: 20). Ruuvien käyttö on suotavampaa kuin naulojen, sillä ruuviliitokset on helpompi purkaa (Hafner & Ott 2014: 823).

Metallikiinnikkeisiin liittyy myös muita ongelmia kiinnikkeiden hankalan poiston lisäksi. Lämmittämättömissä tiloissa puun sisällä olevat metallikiinnikkeet ruostuvat, jos sinkkipinta vahingoittuu puun vastaanottamasta kosteudesta. Kylmä ruostunut metalli mädännyttää puutavaran. (Wójcik & Strumillo 2014: 177.)

Liimat

Liimatuissa liitoksissa käytetään yleensä synteettisiä liimoja, jotka ovat melamiini-, fenooli- tai polyuretaanipohjaisia. Liiman määrä elementissä vaihtelee yleensä 2-4% välillä, joissain lastulevyissä voi olla jopa 6% liimaa. Useilla liimoilla on negatiivisia ym-

päristövaikutuksia ja ne saattavat olla vaaraksi terveydelle. Liimat aiheuttavat ongelmia kierrätyksessä, ja osa liimatuotteista joudutaan käsittelemään ongelmajätteenä. (Berge 2009: 230.) Kymmenessä vuodessa liimat ovat kehittyneet paljon, ja nykyisin useissa massiivipuutuotteissa, kuten CLT:ssä ja liimapuussa liiman osuus on 1% (Stora Enso 2018).

Liima- ja kertopuupalkit sekä CLT-laatat on helppo uudelleenkäyttää sellaisenaan, kunhan niiden liitoksien suunnittelussa otetaan huomioon säästävä purkaminen. Liimapuuhallit ovat nykyiselläänkin helposti siirrettäviä. (Talja 2014: 20.)

Puuliimat voidaan jaotella kahteen kategoriaan, jotka ovat luonnon liimat ja synteettiset liimat. Luonnollisten liimojen materiaalit ovat esimerkiksi eläin- tai kasvipohjaisia, kun taas synteettisten liimojen materiaaleja ovat muun muassa öljy, kaasu ja kivihiili. Synteettiset liimat ovat keino-otekoisesti valmistettuja polymeereja, jotka muistuttavat luonnon liimoja ulkoisesti, mutta niitä voidaan muokata erilaisiin tarpeisiin. Yksi synteettisten liimojen suurimpia etuja on niiden hyvä kosteudensietokyky. (Eckelman 1997.)

Synteettiset liimat voidaan jaotella kahteen kategoriaan, jotka ovat kertamuoviliimat ja kestopuoviliimat. Kertamuoviliimat ovat kemiallisesti kovettuvia liimoja, joihin lisätään kovete. Kestomuoviliimat kovettuvat fysikaalisesti, kun liuotin haihtuu saumasta. Kertamuoviliimat voidaan kovettaa vain kerran, kun taas kestopuoviliimoja voidaan sulattaa ja kovettaa uudelleen. Kertamuoviliimoja ovat urealiimat (UF), melamiiniliimat (MF, MUF), fenoli-liimat (PF), resorsinoliimat (RF), epoksi-liimat (EPI), sekä polyuretaaniliimat (PUR). Kestomuoviliimoja ovat PVAc, sulateliima, sekä kontaktiliima. (PuuProffa 2018.) Massiivipuutuotteissa yleisimmin käytettyjä liimoja ovat polyuretaani-, melamiini-, urea- ja epoksiliimat.

Polyuretaaniliimat

Polyuretaaniliimat (Polyurethane Reactive - PUR) voivat olla yksi- tai kaksikomponenttisia. Ne kestävät hyvin kosteutta ja niitä käytetään usein rakenteiden liimana. Pur-liimat voivat olla joko vesiohenteisia tai liuotinpohjaisia. Kaksikomponenttisten liimojen rakennusaineina toimivat isosyanaatit ja polyolit. Mitä enemmän liimassa on polyolia, sitä joustavampaa se on. (Koponen 1990: 70.)

Melamiiniliimat

Melamiiniliimat (melamine-formaldehyde - MF / melamine-urea-formaldehyde - MUF) kehitettiin parantamaan urealiimon kosteudensietokykyä, joka mahdollistaa niiden käytön myös kantavissa rakenteissa. Melamiiniliimat ovat kalliimpia kuin urealiimat, eikä niistä erity formaldehydipäästöjä. (Frihart 2015:6.) Melamiiniliimojen kovettamislämpötila on yleensä vähintään 115°C (Eckelman, 1997).

Urealiimat

Urealiimat (urea-formaldehyde - UF), ovat kertamuoviliimoista käytetyimpiä. Niitä käytetään erityisesti sisätilojen vanereissa ja lastulevyissä. Urealiimaa on saatavilla sekä nestemäisessä että jauheena ja se voidaan yhdistää kovetteisiin, täyteaineisiin tai jatkeaineisiin, jolloin sen kovettumislämpötilaa voidaan muunnella aina 200°C:een. Täyte- ja jatkeaineet parantavat urealiiman sitkeyttä ja puuhun imeytymistä, mutta heikentävät sen kosteudensietokykyä. (Eckelman, 1997.) Urealiimojen heikkoudeksi voidaan lukea myös ympäristölle haitallinen formaldehydi, jota erittyy liimasta kosteissa ja lämpimissä olosuhteissa.

Epoksiliimat

Epoksiliimat (emulsion polymer isocyanate - EPI) ovat kaksikomponenttisia liimoja, joissa yhdistyvät parhaat puolet sekä kerta- että kestopuoviliimoista. Liimasaumat kovettuvat kylmässä, ne ovat joustavia ja vaa-

leita väritään, eivätkä sisällä formaldehydiä ja kestävät sekä kuumaa että kylmää vettä. (Aicher ym. 2014: 355.)

Epoksiliimat sopivat parhaiten haastavien lehtipuiden liimaamiseen ja puun ja metallin yhteensovittamiseen. Liimaa käytetään ympäri maailmaa muun muassa massiivipuorakenteissa, ikkunan karmeissa, parakeissa, sormiliitoksissa sekä kantavissa palkeissa- ja pilareissa. (Pizzi ym. 2018: 538.)

Tulevaisuuden luonnolliset liimat

Synteettisten liimojen käyttö hallitsee puuteollisuutta, mutta tulevaisuudessa tulisi keskittyä myös luonnollisten liimojen kehittämiseen muovipohjaisten sijaan. Kaikista luonnon proteiinilähteistä soijarouhe vaikuttaa olevan paras raaka-aine liiman tekoon. Soijarouhetta on saatavilla paljon alhaiseen hintaan ja sillä saadaan aikaan vedenkestäviä liimaliitoksia. Soijarouheen käyttäminen liimassa edellyttää kuitenkin lisää tutkimustyötä, ennen kuin se on valmis laajemmille markkinoille. (Frihart, 2015: 7.)

Hiilihydraatit ovat parhaiten saatavilla olevia orgaanisia polymeereja ja niiden hinta on alhainen. Paperipohjaisten tuotteiden liimaamiseen käytetään tärkkelysliimaa. Hiilihydraattien hyödyntäminen liiman tuotannossa on kuitenkin ollut vaikeaa, eikä ole vielä tuottanut tulosta. (Frihart, 2015: 7.)

Osa 2

Massiivipuukatalogi

Massiivipuutuotteet - mekaaniset liitokset

Massiivihirsi



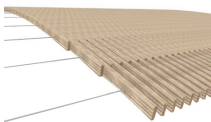
Dowel-laminated timber (DLT, Brettsapfel)



Nail-laminated timber (NLT/ MHM)



Aaltopuu



Interlocking cross-laminated timber (ICLT)



Massiivipuutuotteet - liimaliitokset

Lamellihirsi



Cross-laminated timber (CLT)



Liimapuu (GLT)



Viilupuu (LVL)



Mass plywood panel (MPP)



Tuotteiden nimeämisestä: suomenkieliset nimet tuotteilla, joiden valmistaminen vakiintunut Suomessa. Poikkeuksena CLT ja NLT, joille ei vielä luontevia suomenkielisiä nimiä.

Massiivihirsi

Massiivihirsi on kokopuinen rakennusosa, joka valmistetaan veistämällä, höyläämällä tai sorvaamalla puusta. Massiivihirttä käytetään pääasiassa kantavana seinärakenteena, sekä vaaka- että pystysuunnassa. Massiivihirsi leikataan yleensä kuusesta tai männystä, mutta myös muut puulajit ovat mahdollisia.

Historia

Hirsirakentamisen perinne yltää pohjoismaissa yli tuhat vuoden päähän ja luo perustan nykyajan puurakentamiselle. Hirsirakentamiselle ominaista on yksinkertaisuus ja selkeys. Yksinkertaisten suorakaiteen muotoisten rakennusmassojen koko määräytyi perinteisesti hirren mitan mukaan. Vanha suomalainen hirsiarkkitehtuuri on korutonta ja yksiaineista, sillä puusta tehtiin myös ikkunat, ovet ja vesikate. Ainoana koristeena toimi kuisti ulko-oven edessä, jonka ulkomuoto on muuttunut ajan saatossa yksinkertaisesta pylväskatoksesta umpinaiseksi ja vinoruutuikkunaiseksi. (Heikkilä 2001: 9.)

Hirsi toimi Suomessa pääasiallisena puurakennusaineena aina 1930-luvulle saakka, jonka jälkeen hirrestä on rakennettu lähinnä kesämökkejä ja saunoja. Hirsirakentamisen suosio on jälleen kasvanut viime vuosina, kun puun käyttöä on pyritty lisäämään. (Heikkilä 2001: 5.)

Valmistus

Teollinen hirsitalotuotanto yleistyi Suomessa 1950-luvun vaihteessa ja nykyään noin 90% hirsirakennuksista toteutetaan teollisesti. Poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoinen höylähirsi on syrjäyttänyt pyöröhirren lähes kokonaan modernissa asuntotuotannossa. Hirsirakennusten valmistus on siirtynyt ajan mittaa käsityövoittoisesta työtavasta tietokoneohjattuun teolliseen esi-

valmistukseen. Uudet menetelmät tekevät hirsirakentamisesta entistä mittatarkempaa, tehokkaampaa ja joustavampaa. (RT 2014: 11)

Uudelleenkäyttö

Hirsirakennuksen ominaisuuksiin kuuluu sen helppo purettavuus, siirrettävyys ja uusiokäyttö. Helpon purettavuuden ansiosta vanhoja hirsirakennuksia on ajansaatossa siirretty useita kertoja niiden elinkaaren aikana. (RT 2014: 11, Huuhka, Kölliö, Annila & Poti 2018: 37)

Hirsi sopii erinomaisesti jatkojalostukseen puun puhtauden ja yksiaineisuuden vuoksi. Hirrestä voidaan leikata esimerkiksi sahatarvaa, ellei se ole vääntynyt kuormituksen alla. Hirsi voidaan pilkkoa lastuiksi, joista tehdään erilaisia puupohjaisia tuotteita. Jos hirttä ei kierrätetä, se voidaan polttaa energiaksi tai maaduttaa ilman että ympäristölle aiheutuu haittaa.

Tuotteet



Pyöröhirsi

Valmistajia:

Honka hirsitalot (FIN), Ollikaisen hirsirakenne Oy (FIN), Kuusamo Hirsitalot Oy (FIN), Oulun Hirsiset Oy (FIN), Oy Honkamajat Finland Ltd (FIN)

Tuotenimet:

Pyöröhirsi, massiivipyöröhirsi, perinnehirsi
Halkaisija: 150...230*

Kuva 1: Honkarakenne Oy



Höylähirsi

Valmistajia:

Pellopuu Oy (FIN), Ollikaisen hirsirakenne (FIN), Honka hirsitalot (FIN), Kuusamo Hirsitalot Oy (FIN), Oulun Hirsiset Oy (FIN), Oy Honkamajat Finland Ltd (FIN)

Tuotenimet:

Massiivihirsi, höylähirsi

Leveys: 45...230 mm

Korkeus: 170...220 mm*

Kuva 2: Syöte-Huvilat Oy

* Mitat vaihtelevat valmistajakohtaisesti

Dowel-laminated timber (DLT)

DLT (Dowel-laminated timber) tunnetaan myös nimellä Brettstapel. DLT-levyn rakenne muodostuu havupuulaudoista, jotka on kiinnitetty toisiinsa lehtipuusta valmistetuilla puutapeilla.

DLT-levy voidaan laminoida joko niin, että puun sytyt menevät yhdensuuntaisesti tai ristiin. Yhdensuuntaiset levyt sopivat hyvin vaakarakenteisiin, kuten välipohjiin tai kattoon. Ristilaminoituja levyjä käytetään yleensä seinissä. (Think Wood 2018.)

Historia

Brettstapelin kehitti saksalainen insinööri Julius Natterer 1970-luvulla. Ensimmäinen Brettstapel koostui toisiinsa naulatusta sahatavarasta, joka muodosti noin 600mm leveän elementin. Tässä muodossa sitä valmistettiin aina vuoteen 1999, jolloin saksalainen yritys kehitti tuotteen nimeltä Dübelholz. Nimi on saksaa ja tarkoittaa ”tapitettu puu”, joka viittaa tuotteen kokopuiseen olemukseen.

Korkeissa lämpötila- ja kosteusvaihteluissa kuiva puu turpoaa ja kutistuu, joka aiheutti vääntymisiä ja saumojen rakoilua Brettstapelissa. Vuonna 2001 itävaltalainen yritys kehitti tuotteen, jossa pitkät puutapit lävistävät havupuun V:n ja W:n muodossa. Näin saavutetaan jäykkä liitos, joka käytännössä poistaa vääntymisen ja rakoilun. Nykyisin Euroopassa toimii noin 20 Brettstapeliala valmistavaa yritystä. Suosituin on menetelmä, jossa tapit lävistävät havupuun kohtisuorassa. (Henderson ym. 2012.)

Valmistus

Puutappien kosteuspitoisuus on aluksi pienempi kuin havupuisten lautojen. Tapit turpoavat niille sorvatuissa rei'issä kerätessään

kosteutta ympäröivästä puusta ja lukitsevat näin laudat toisiinsa. Kantavaan rakentamiseen voidaan käyttää heikkolaatuista puutavaraa, joka ei muuten sopisi rakentamiseen. (Henderson, Foster & Bridgestock 2012.)

Koska elementit ovat täyttä puuta, on niitä helppo työstää CNC-koneella. Esi-asennettujen hormien ja johtojen sisällyttäminen elementtiin on helppoa, kuten myös erilaisten pintaprofiilien. Akustiikkaa parantavat profiilit mahdollistavat puupinnan näkyville jäämisen ja erilaiset pintakäsittelyt. (Think Wood 2018.)

Uudelleenkäyttö

Massiivipuulementit, joissa ei ole käytetty liimoja ja jotka on valmistettu standardimitaisiksi, on helppo uudelleenkäyttää (Berge 2009: 230). Hradil (2014) kehottaa käyttämään tappeja ja pultteja puurakenteiden yhteen liittämiseksi, koska tapitus ei heikennä puun uusiokäyttömahdollisuuksia, toisin kuin esimerkiksi naulat tai liimat.

Täyspuisia DLT-elementtejä voidaan työstää uuteen muotoon tai käyttää sellaisenaan uudelleen. Lisäaineeton puutavara sopii esimerkiksi lastulevyteollisuuteen tai sahatavaraksi. Tappien aiheuttama vaurio puulle on vähäistä, mutta reiät saattavat heikentää puun poikkileikkausvoimia (Hradil ym 2014: 37).

Tuotteet



Kohtisuoraan tapitettu DLT

Valmistajia:
StructureCraft (CA), International Timberframes (CA)
Leveys: -3,75m
Pituus: -18,5m
Paksuus: 76-350mm*

Kuva 3: DowelLam, StructureCraft



Diagonaalisti tapitettu DLT

Valmistajia:
Rombach (DE), Sohm HolzBautechnik (AT), Holzbau Völk (DE)
Leveys: 590mm
Pituus: 3-15m
Paksuus: 80-260mm*

Kuva 4: DLT, Holzbau Völk



Ristiin tapitettu DLT

Valmistajia:
Thoma Holz (AT), Rombach (DE), International Timberframes (CA)
Leveys: 3m
Pituus: 8m
Paksuus: 250-400mm*

Kuva 5: Thoma Holz100

* Mitat vaihtelevat valmistajakohtaisesti



Kuva 6: 111 East Grand, ensimmäinen monikerroksinen toimistorakennus tapitetusta massiivipuusta Pohjois-Amerikassa. © Neumann Monson Architects



Kuva 7: E3 rakennus Berliinissä, rakennuksen runko on tapitettua massiivipuuta. © Bernd Borchardt

Nail-laminated timber (NLT/ MHM)

NLT (Nail-laminated timber) koostuu mitallistetusta puutavarasta, joka on kiinnitetty yhteen nauloilla. Laudat voidaan pinota yhdensuuntaisesti vierekkäin (Brettstapel) tai ristiin päällekkäin (MHM - massivholz-mauer), käyttötarkoituksesta riippuen. Brettstapelin jäykistys voidaan toteuttaa vaneri- tai lastulevyllä, mutta MHM ei tarvitse erillistä jäykistystä ristiin naulauksen vuoksi. Puutavarana käytetään yleisimmin havupuuta, mutta mikä tahansa puulaji on mahdollinen. (Jackson, Luthi & Boyle 2017.)

Historia

NLT-levyjä on käytetty raskaisiin seinä-, katto- ja lattiarakenteteisiin jo yli 150 vuotta. Erityisesti makasiinirakennuksia ja varastoja on rakennettu NLT:stä. Julius Natterer toi NLT:n uudelleen Eurooppaan tuotteena nimeltä Brettstapel 1970-luvulla ja rohkaisti rakentajia ja tehtaita tarttumaan tähän yksinkertaiseen tekniikkaan. (Epp 2018.)

MHM eli ristiinnaulattu massiivipuulevy on vielä suhteellisen uusi tuote, joka kehitettiin erityisesti kantavien seinien rakenteeksi. Ensimmäinen MHM-rakennus toteutettiin vuonna 2002 ja MHM patentoitiin vuonna 2005. (ks. www.massivholzmauer.de) Yksi MHM:n eduista on sen hyvä lämmöneristävyyden, joka saadaan aikaan urittamalla laudat. Näin rakenteen sisään jää ilmataskuja, jotka parantavat lämmöneristävyyttä.

Valmistus

NLT-levyt voidaan naulata kasaan joko työmaalla tai esivalmistaa tehtaalla rakentamisen nopeuttamiseksi. Rakenteen yksinkertaisuuden ansiosta useimmat puutuotteita valmistavat yritykset osaavat kasata

NLT-elementtejä. MHM-levyt esivalmistetaan poikkeuksetta tehtaalla. Yhdensuuntaisesti naulattu elementti ei ole ilmatiivis ja tarvitsee erillisen tiiviyden takaavan rakenerroksen. (Mayo 2015: 18.)

Erilaisten pintaprofiilien tekeminen onnistuu muuntelemalla puutavaran paksuuksia. (Jackson ym. 2017.) Alumiininau-loista huolimatta NLT:hen on mahdollista leikata esimerkiksi ikkuna- ja oviaukot sekä lvis-asennusten paikat CNC-koneella. (ks. www.massivholzmauer.de) Kovametalliset työstökoneiden terät leikkaavat alumiinia ongelmitta. (Vähäkuopus 2018.)

Levyjen valmistuksessa syntyvä puujäte ja esimerkiksi ovien ja ikkunoiden aukotuksesta jäävät palat pilkotaan yleensä lastuiksi ja poltetaan energiaksi. Suuria paloja on myös mahdollista käyttää tulevaisuudessa seinäelementeissä esimerkiksi ikkunoiden yläpuolisina palkkeina. (König 2018.)

Uudelleenkäyttö

Paras ja helpoin tapa uudelleenkäyttää NLT-levy on sellaisenaan, täysmittaisena elementtinä. Nau-loista puhdistetun puun uusiokäyttö on hankalaa puutavaran kantavuusominaisuuksien muututtua. Nau-lojen jättämät reiät puutavarassa heikentävät sen kestävyyttä leikkausvoimia vastaan sekä johtavat kuormituksen keskittymiseen (Hradil 2014: 37).

Metallikiinnikkeet on hankala poistaa puusta muuten kuin polttamalla, ja siksi ne vaikeuttavat puutavaran kierrätystä. Juuri metallikiinnikkeiden vuoksi suuri osa Suomen puujätteestä menee energiakäyttöön. (Talja 2014: 20.) Kun puutavarassa on paljon nau-loja, sen uudelleenkäyttö on lisäksi epäekonomista, koska nau-lojen poistaminen kuluu paljon aikaa (Addis 2006: 116).

NLT-tuotteiden kierrättäminen on vielä harvinaista, sillä kyseistä menetelmää hyödyntävät rakennukset ovat suhteellisen nuoria. NLT on mahdollista pilkkoa lastuiksi käyttöiän lopulla, ja polttaa energiaksi. Alumiininaulat eivät vaikuta tuotteen polttoon, vaan ne sulavat vähän polttovaiheessa, jonka jälkeen ne kerätään uudelleen kierrätettäväksi. (König 2018.)

Tuotteet



Nail-laminated timber

Valmistajia: StructureCraft (CA), Mid-Columbia Lumber (USA)
Leveys: -3,6m
Pituus: -30m
Paksuus: 89-314mm*

Kuva 8: Nail Laminated Timber, StructureCraft



Ristiin naulattu massiivipuulevy (MHM)

Valmistajia:
Rakennusvarma Oy (FIN), StructureCraft (CA), Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH (DE)
Tuotenimet: Ristiin naulattu massiivipuulevy (MHM)
Leveys: 3,25m
Pituus: 6m
Paksuus: 115-340mm*

Kuva 9: Varma Luonnonpuu, Rakennusvarma Oy

* Mitat vaihtelevat valmistajakohtaisesti



Kuva 10: T3 rakennus sijaitsee Minneapoliksessa ja on USA:n suurin massiivipuinen rakennus. Rakenteessa yhdistyvät liimapuupilarit ja -palkit sekä nauloilla lami-noitu puu. © Blaine Brownell

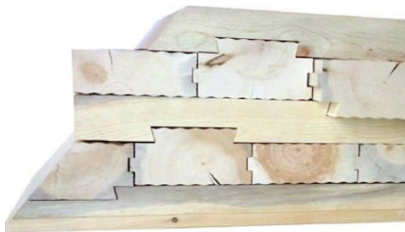
Interlocking cross-laminated timber (ICLT)

ICLT (Interlocking cross-laminated timber) on Amerikassa kehitetty massiivipuurakenne, jossa mäntysoirot on pinottu ristiin 2-7 kerrokseen ja kiinnitetty yhteen lohensyrtö- ja ponttiliitoksien avulla. ICLT ei sisällä liimoja tai kiinnikkeitä, vaan perustuu täysin perinteisiin puuliitostekniikoihin. (Dangel 2016: 102.)

Historia

ICLT:n kehitti amerikkalainen yritys Euclid Timber Frames, joka etsi käyttötarkoitusta huonokuntoiselle kovakuoriaisten tappamalle männylle. Euroopassa yleisesti käytetty CLT ei osoittautunut sopivaksi Pohjois-Amerikan markkinoille sen valmistuksen korkean hinnan vuoksi. Lisäksi Euclid halusi kehittää liimattoman massiivipuun, joka kannusti muiden vaihtoehtojen tutkimiseen. ICLT ratkaisee rakennusjätteen ongelmia sekä tuotannon alkupäässä että rakennuksen purkuvaiheessa. Se tarjoaa käyttötarkoituksen jätepuulle, eikä elementin purkamisen aiheuta ongelmia ympäristölle rakennuksen elinkaaren lopussa. (Smith 2011: 1-4.)

Tuotteet



Valmistus

ICLT-elementtien valmistus on mahdollista tavanomaisissa tehtaissa jo olemassa olevilla laitteilla. Elementtien valmistus on edullisempaa kuin liima- tai metallikiinnikkeisten, koska erillisiä puristus- tai asennuskoneita ei tarvita. (Smith 2011: 1.)

Puuelementtien liitosreunat on kaiverrettu CNC-koneella. Samaan tapaan kuin CLT, myös ICLT-elementti voidaan suunnitella eri kokoiseksi sen mukaan, mitä rakennus vaatii. (Wójcik & Strumillo 2014: 174.)

Uudelleenkäyttö

ICLT-elementin kierrättäminen ja uusiokäyttö on yksinkertaista, koska se ei sisällä luonnolle haitallisia aineita (Dangel 2016: 102). Elementin uusiokäyttö sellaisenaan on suositeltavaa, jos yksittäisten soirojen laatu on heikko. Elementtiä on helppo muokata sopivan kokoiseksi leikkaamalla, koska se ei sisällä esimerkiksi nauloja tai ruuveja. Myös käytetyn elementin jatkojalostaminen on mahdollista.

ICLT-elementti

Valmistaja: Euclid Timber Frames (USA)
Leveys: 3m
Pituus: 7,6m
Paksuus: 150-530mm

Kuva 11: ICLT, Utah yliopisto



Kuvat 12 (yllä) ja 13 (alla): ICLT rakennukset. © Euclid Timber Frames

Aaltopuu

Aaltopuu on massiivipuutuote, jossa aalto-profiloidut puusoirot on kiinnitetty toisiinsa terästangolla ja muttereilla. Profi-loinnin ansiosta liitos on tiiviimpi, kuin tasaisesta puusta tehtynä. Tekniikka mahdollistaa liimattoman, helposti purettavan ja uudelleen koottavan rakenteen, jota voidaan hyödyntää seinissä, lattiossa, välipohjissa, pilareissa sekä palkeissa. Rakennusten lisäksi aaltopuusta voidaan rakentaa esimerkiksi siltoja.

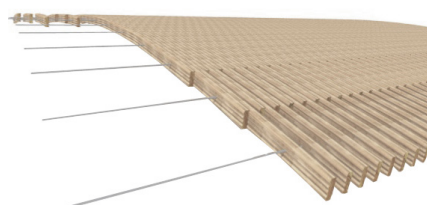
Historia

Tekniikan on keksinyt suomalainen puuseppä Tapani Honkala ja yrityksessä työskentelee myös veljenpoika Janne Honkala, joka on erikoistunut vanhojen puurakennusten korjaamiseen. Yrityksen arvoja ovat luonnollisuus, kestävä rakentaminen sekä avoimuus rakennusmateriaaleissa ja niiden sisällyttämisessä aineissa. (ks. <http://aaltohaitek.fi>)

Valmistus

Aaltopuutekniikalla valmistetut massiivirakenteet voidaan joko esivalmistaa tehtaalla

Tuotteet



valmiiksi elementeiksi, tai koota työmaalla pienistä osista. (ks <http://www.aaltohaitek.fi/>) Puukappaleet voidaan pinota sekä vaak- että pystysuuntaisesti seinäelementtiin. Pystyrakenteen korkeudelle ei ole rajoituksia. (Honkala 2018.)

Uudelleenkäyttö

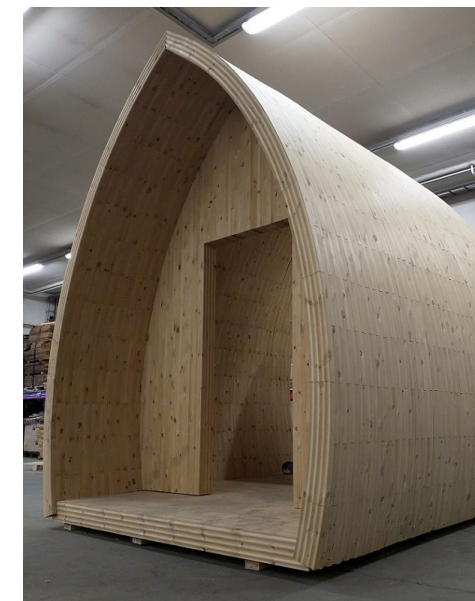
Aalto Haitekin tuotteet on helppo purkaa osiin ja uudelleenkäyttää. Purkaminen ja uudelleen kokoaminen on yhtä vaivatonta kuin hirsirakennuksilla joustavan kiinnitystavan vuoksi (Honkala 2018). Lautojen aalto-profiili saattaa rajoittaa uudelleenkäyttöä sellaisenaan ja helpointa se on Aalto Haitekin tuotteissa.

Tuotteen kierrättäminen ja jatkojalostaminen esimerkiksi puulevytuotteiksi on vaivatonta, sillä purettu puutavara on liimaton ja naulatonta. Myös muiden puupohjaisten tuotteiden, kuten katteen ja komposiittien valmistus aaltopuusta on mahdollista.

Aaltopuulevy

Valmistaja: Aalto Haitek (FIN)
Korkeus: ei rajoituksia
Pituus: ei rajoitettu
Paksuus: 45mm- (ei rajoitettu)

Kuva 14: Aaltopuu, Aalto Haitek Oy



Kuvat 15 (ylävasen), 16 (yläoikea) ja 17 (alla): Erilaisia sovellutuksia aaltopuusta. © Aalto Haitek Oy

Lamellihirsi

Lamellihirsi (liimahirsi) koostuu teollisesti yhteen liimatusta puutavarasta. Puumateriaalina voidaan käyttää halvempaa ja pienimittaisempaa puuravaraa kuin massiivihirsiin. (Vuolle-Apiala 2012: 185.) Lamellihirret voivat olla muodoltaan sekä pyöröhirsiä, että höylähirsiä. Niitä käytetään samaan tapaan seinärakenteissa, kuin massiivihirttä.

Merkittävin muutos massiivihirsirakentamiseen on painumaton liimahirsi, jonka keskiosassa puuaines on pystysuunnassa ja pintaosat hirren pituussuunnassa. Puun kutistuminen pituussuunnassa on erittäin vähäistä. (Vuolle-Apiala 2012: 185–186.)

Historia

Hirsitalon kehitys oli erityisen nopeaa 1970- ja 1980 -luvulla, jolloin luotiin uusia menetelmiä lämmöneristävyyteen, tiiveyteen, painumiseen ja hirren kutistumiseen liittyen. Kehitystyö jatkuu edelleen ja uusia tuotteita saapuu markkinoille jatkuvasti. (RT 2014: 11.)

Valmistus

Teollinen hirsituotanto ei ole viimeaikoina kokenut isoja muutoksia, vaan tutut käytännöt pitävät pintansa. Uusin piirre teollisessa hirsirakentamisessa on teräksiset kierretangot, jotka vahvistavat ja tiivistävät rakenteet. Lukuisat talotehtaat valmistavat lamellihirsisiä markkinoille, pienin eroavaisuuksin profiileissa ja salvoksissa. (Vuolle-Apiala 2012: 185.) Lamellihirttä on helppo tuottaa eri kokoisena ja uusien, korkeiden 1250mm hirsien tuottaminen on aluillaan Pellopuu Oy:lla (Keskitalo 2018). Korkeat hirret nopeat rakentamista entisestään, ja tuovat monipuolisuutta hirsituotantoon.

Lamellien liimaamiseen käytetään syntetisiä PU- sekä MUF-liimoja. PU-liima

eli polyuretaaniliima kestää hyvin kosteutta ja täyttää EN 204 luokan D4 vaatimukset. Melamiinia sisältävällä urealiimalla (MUF) on lyhyt puristus- ja jälkikovettumisaika, sekä pitkä varastointiaika. Se on kehitetty lamellihirsien, liimapuun ja sormijatkosten liimaamista varten. (Casco Adhesives.)

Hirsien tuotannosta syntyvät hukkapalat ja puru hyödynnetään lähes poikkeuksetta energiantuotannossa. Pellopuu Oy:n toimitusjohtaja Mikko Mannila (2019) kertoo, että hukkapaloja on myös mahdollista hyödyntää esimerkiksi pakkauslavojen materiaalina.

Uudelleenkäyttö

Lamellihirsirakennus on helppo purkaa ja pystyttää uudelleen, samaan tapaan kuin massiivihirsirakennuskin. Lamellihirret sopivat sellaisenaan uusiokäyttöön, ja niitä on vaivatonta jatkotyöstää työmaalla tai tehtaassa.

Lamellihirret voidaan kierrättää esimerkiksi runkopuutavaraksi rakennuksen elinkaaren lopussa (Alasaarela 2009: 28). Hirret voidaan myös teoriassa jalostaa pienimittakaavaisemmaksi puutuotteeksi, kuten lastulevyksi. Lamellihirren kierrättämisvaihtoehtoja ei ole juurikaan tutkittu, mutta Oulun Hirsiset Oy:n toimitusjohtaja Markku Mäläskä (2019) ei näe esteitä sen kierrättämisessä esimerkiksi lastulevyksi tai muiksi puutuotteiksi.

Tuotteet



Lamellihöylähirsi

Valmistajia:

Honkarakenne Oyj (FIN), Mammuttikoti (FIN) Kontiotuote Oy (FIN), Kuusamo Hirsitalot Oy (FIN), Oulun Hirsiset Oy (FIN), Oy Honkamajat Finland Ltd (FIN), Timber-hirsi Oy (FIN)

Tuotenimet:

Höylähirsi, lamellihirsi

Leveys: 95...275 mm

Korkeus 170...275 mm*

Kuva 19: Honkarakenne Oyj MLL 134 lamellihirsi



Lamellipyöröhirsi

Valmistajia:

Honkarakenne Oyj (FIN), Oy Honkamajat Finland Ltd (FIN), Ollikaisen hirsirakenne Oy (FIN), Oulun Hirsiset Oy (FIN)

Tuotenimet:

Pyöröhirsi, Lamellipyöröhirsi

Halkaisija: 150-260mm*

Kuva 20: Honkarakenne Oyj RLL 230 hirsi



Painumaton hirsi

Valmistajia:

Honkarakenne Oyj (FIN), Timber-hirsi Oy (FIN), Ollikainen hirsitalot Oy (FIN), Kontiotuote Oy (FIN), Kuusamo Hirsitalot Oy (FIN)

Tuotenimet:

Painumaton lamellihirsi, painumaton hirsi

Leveys: 134-275mm

Korkeus: 260-275mm*

Kuva 18: Honkarakenne Oyj Painumaton FXL 204 hirsi

* Mitat vaihtelevat valmistajakohtaisesti

Cross-laminated timber (CLT)

CLT (Cross-laminated timber) on mitalistetusta sahatavarasta ristiin liimaamalla koottu massiivipuulevy. Jokainen kerros on liimattu 90 asteen kulmaan edelliseen kerrokseen nähden ja kerroksia on aina pariton määrä, esimerkiksi kolme, viisi, seitsemän, yhdeksän ja niin edelleen. (Mayo 2015: 17.)

Yleensä CLT valmistetaan suurina levyinä, jolloin rakentaminen on nopeaa ja puskuliitosten määrä pieni. CLT:stä voidaan rakentaa seinä-, katto- sekä välipohjarakenteita. (Siikanen 2016: 105.)

Historia

CLT patentoitiin Ranskassa 1980-luvun puolella välissä, mutta tuotteen kehitys lähti kunnolla liikelle eteläisessä Saksassa ja Itävallassa 90-luvulla. CLT kehitettiin alunperin hyödyntämään puuteollisuuden ylijäämäpuuta, joka on mitoiltaan lyhyttä ja laadultaan heikkoa. Liiman ja ristilaminoinnin avulla jämäpuu muuttuu korkeatasoiseksi runkomateriaaliksi. (Mayo 2015: 16–17.)

Valmistus

Liimauksen jälkeen paneelit puristetaan yhteen tyhjiöpuristimella tai mekaanisella puristimella. (Mayo 2015: 17). Kun paneeli on kovettunut, se hiotaan ja leikataan haluttuun mittaan. Ovi- ja ikkuna-aukot leikataan tehtaalla tietokoneohjatulla CNC-koneella, kuten myös elementtiliitokset sekä LVIS-asennuksien työstöt. Eristeet, ikkunat ja ulkoverhous voidaan asentaa paikalleen tehtaassa, joka nopeuttaa työmaavaihetta.

Liimaa laitetaan sormijatkoksiin sekä elementtien pitkille ja lyhyille sivuille. Mekaaniset puristimet ovat yleistyneet ja liimat ovat vaihtuneet PRF-liimoista formaldehy-

dittömiin EPI-liimoihin ja yksikomponenttiseen polyuretaaniliimaan (PUR) (Mayo 2015: 17).

CLT-levyn tuotannossa syntyy hukkapaloja esimerkiksi ikkuna-aukoista ja katkon-tahukasta. Suomalainen CLT:n valmistaja Crosslam toimittaa tehtaalla syntyvän purun läheiselle pellettitehtaalte pelletöitäväksi. Reunasoirot ja katkohukka haketetaan ja hyödynnetään lämpölaitosten polttoaineena. Ovi- ja ikkuna-aukoista jäävät palat pyritään hyödyntämään esimerkiksi puusepänteollisuudessa. Jos paloille ei löydy muuta käyttöä, ne päätyvät energiakäyttöön. (Pääkkönen 2018.) Myös HOISKO CLT pyrkii jatkjalostamaan hukkapalat esimerkiksi piha-kalusteiksi tai huonekaluiksi (Peltokangas 2018).

Uudelleenkäyttö

CLT-elementit sopivat sellaisenaan hyvin uusiokäyttöön, kun niiden liitoselimet suunnitellaan purkamista ajatellen (Talja 2014: 20). Liimasaumat eivät estä elementin muokkaamista uuteen mittaan.

Elementit voidaan kierrättää puuhakkeeksi ja käyttää uudelleen halutussa puupohjaisessa tuotteessa, kuten lastulevynä tai maisemoinnissa. Crosslamin tuotantopäällikkö Pääkkönen (2018) huomauttaa, ettei CLT:stä tehdyn hakkeen hyödyntämistä puupohjaisissa tuotteissa ole juurikaan tutkittu Suomessa. Suurin haaste voi hänen mukaan syntyä hakettamisessa, jossa osa puusta on hakkurin teriin nähden poikittain, jolloin hakkeesta tulee ainakin ensimmäisen kerran jälkeen epätasalaatuista. HOISKO CLT:n tuotekehityksestä vastaava Jukka Peltokangas (2018) kertoo, ettei liima vaikuta tuotteen kierrättämiseen haitallisesti.

CLT sopii hyvin energiakäyttöön, ja siitä

saatava lämpöteho on sen kuivuuden vuoksi parempi kuin raakapuusta. Kun liima on kovettunut, ei se estä puun polttamista turvallisesti. (Pääkkönen 2018.)

Tuotteet



CLT-levyt

Valmistajia:

CLT Finland Oy (FIN), Oy CrossLam Kuhmo Ltd (FIN), CLT Plant Oy (FIN), Cross Timber Systems SIA (LV), Binderholz (AT/DE), KLH Massivholz GmbH (AT), Stora Enso Oyj (AT)

Leveys: 2,95-4,8m

Pituus: -20m

Paksuus: 60-500mm*

Kuva 22: CELT Oy CLT-massiivipuulevy



CLT-palkit

Valmistajia:

Weinberger-Holz gmbh (AT)

Korkeus: 400-1200mm

Leveys: 90-200mm*

Kuva 23: Weinberger-Holz gmbh Primolam

* Mitat vaihtelevat valmistajakohtaisesti

Liimapuu (GLT)

Glue-laminated timber eli Liimapuu koostuu neljästä tai useammasta höylätystä lamellista jotka on liimattu yhteen. Puun syyt kulkevat lamellin pituussuunnassa. Liimapuulle ei ole kokorajoituksia sen valmistustekniikan puolesta. Materiaalina käytetään yleensä kuusta, mutta myös mäntyä voidaan käyttää arkkitehtonisista syistä. (Siikanen 2016: 106–107.)

Liimapuun ominaisuuksia ovat kestävyys, lujuus ja jäykkyys. Liimapuusta voidaan valmistaa suoria ja kaarevia rakennusosia. Suorat rakenteet toimivat yleensä kattopalkkeina, pilareina sekä lattiapalkkeina. Kaarevat osat sopivat parhaiten kehä- ja kaarirakenteisiin. (Suomen Liimapuuyhdistys ry & Puuinfo Oy 2014: 19, 28.) Markkinoilta löytyy myös liimapuisia seinäelementtejä, jotka toimivat samaan aikaan kantavana rakenteena ja lämmöneristeenä (ks. www.huettemann-holz.de).

Historia

Liimapuun kehitti sveitsiläinen Otto Hetzer (1846–1911) ja vuonna 1909 tuote patentoitiin. Liimattu rakenne tarjosi uusia mahdollisuuksia rakentaa massiivisia puurakenteita, joihin puun luonnollisella mitalla ei päästy. Liimapuutekniikka yleistyi erityisesti suurten hallien kantavissa rakenteissa ja silloissa. (Mayo 2015: 14.)

Valmistus

Liimapuuta valmistetaan täysin teollisesti. Kuivauksen jälkeen puutavara lujuusluokitellaan ja sormijatketaan, jonka jälkeen lamellit höylätään ja liimataan yhteen puristuksessa. Lopuksi liimapuu pintakäsitellään ja pakataan työmaalle kuljetettavaksi. (Puuinfo 2018.)

Tuotteen painosta noin yksi painoprosentti on liimaa. Nykyisin liimana toimii

lähes ainoastaan melamiini-urea-formaldehydiliimaa, jota kutsutaan myös melamiiniliimaksi tai MUF-liimaksi. Lamellien sormijatkosten liima on useimmiten melamiiniliimaa, mutta myös polyuretaaniliimaa (PUR) käytetään. (Suomen Liimapuuyhdistys ym. 2014: 15,19.)

Uudelleenkäyttö

Liimapuu on helppo käyttää sellaisenaan uudestaan samassa tarkoituksessa, kunhan rakennetekniset edellytykset täyttyvät (Suomen Liimapuuyhdistys ym. 2014: 15). Esimerkiksi puretun liimapuuhallin rakenteet voidaan käyttää uudelleen uuden hallin rakenteena.

Liimpuurakenteita on helppo lyhentää tai halkaista tarvittaessa ja hyödyntää esimerkiksi väliseinärakenteissa. Liimapuusta on mahdollista valmistaa rakennuslevytuotteita, kuten lastulevyä. Se sopii myös puukatteen materiaaliksi. (Vesänen 2018.) Rakenteet voidaan kierrättää lisäksi jalostamalla uusiksi ei-kantaviksi puutuotteiksi, kuten lattiapäällysteiksi tai listoiksi. (Canadian Wood Council 2015.)

Kun uusiokäyttö tai kierrättäminen ei ole mahdollista, voidaan liimapuu polttaa hakkeena tai pellettinä (Vesänen 2018). Liimapuun energiasisältö on sama kuin massiivisella havupuulla (Suomen Liimapuuyhdistys ym. 2014: 15).

Tuotteet



Liimapuinen seinäelementti

Valmistaja: SCHNEIDER (DE), Hüttemann (DE)

Leveys: 200-960mm

Pituus: -24m

Paksuus: 60-260mm*

Kuva 24: Liimapuuelementti, Hüttemann

* Mitat vaihtelevat valmistajakohtaisesti



Liimapuisista elementeistä rakentuva talo. Kuva 25: © Hüttemann

Viilupuu (LVL)

LVL (Laminated veneer lumber) koostuu ohuista kerroksista yhteen liimattua havu- vaneria, joiden paksuus on noin 3-4 mm. Yleensä vanerilevyjen suunta on sama, mutta levy voidaan koota myös risiinlaminoiden, jolloin se jäykistyy kahdesta suunnasta tulevia voimia vastaan. Viilupuu toimii massiivipuurakenteena lattioissa, seinissä, katos- sa, palkeissa ja pilareissa. Viilupuu-tuotteet voidaan valmistaa lyhytmittaisesta nopeas- ti kasvavasta puutavarasta. (Mayo 2015: 14-15.)

Historia

1970-luvun puolivälissä viilupuuta alettiin käyttämään rakennusten runkomateriaali- na. Sitä ennen sitä oltiin käytetty lentoko- neiden propelleissa toisessa maailmansodas- sa. (Thelandersson ym. 2003: 94.)

Valmistus

Viilupuun valmistukseen käytetään esimer- kiksi kuusta, lehtikuusta, mäntyä, poppelia, honkaa tai edellä mainittujen sekoitusta. Kun vanerit on kuivattu haluttuun koste- uspitoisuuteen, ne leikataan ja niiden vä- liin lisätään liima. Tämän jälkeen vanerit kasataan joko koneella tai käsin tavoitellun paksuiseksi rakenteeksi. Korkealaatuisim- mat vanerit asetetaan uloimmaksi, paranta-

maan elementin kestävyyttä ja suojaamaan rakennetta. Pinotut vanerit kulkevat puris- timeen, joka kuumuuden avulla kovettaa lii- man ja jäykistää levyn. Viimeisessä vaiheessa levyt leikataan haluttuun mittaan. (Thelan- dersson ym. 2003: 94-95.)

Viilupuu-paneeleissa käytetään erilaisia synteettisiä liimoja riippuen käyttökohtees- ta. Fenoli formaldehydi (PF) liima on yleis- in ulkotiloissa käytetyissä tuotteissa. Mui- ta liimoja ovat melamiini-urea formaldehydi (MUF) sekä urea formaldehydi (UF). (Ço- lak, Aydin, Demi Rkir & Çolakolu 2003.)

Uudelleenkäyttö

LVL-levyjen uusiokäyttö on mahdollista, jo- ko alkuperäisessä muodossaan tai pienem- mäksi leikattuna.

Komposiittipuutuotteiden kierrättämi- nen on usein kallista ja aikaa vievää liimojen, sidosaineiden ja päällysteiden vuoksi. Hel- pointa on muuttaa puujäte lastulevyksi tai energiaksi. (Taylor ym. 2005: 69.) Jos LVL:n valmistuksessa on käytetty myrkyllistä fe- noliliima, se rajoittaa kierrättämistä. Met- säWoodin Kerto LVL voidaan polttaa ener- giaksi, kun uunin lämpötila on vähintään 850°C ja kompostoida haketettuna, jolloin pitkä maatumisaika tulee ottaa huomioon. (MetsäWood 2016).

Viilupuulevy

Valmistajia:
StructureCraft (CA), Stora Enso Oyj (AT)
Leveys: 1,5m
Pituus: -18,4m
Paksuus: 80-292mm*

* Mitat vaihtelevat valmistajakohtaisesti

Kuva 26: LVL levy, StructureCraft



Mass plywood panel (MPP)

MPP (Mass plywood panel) on suurikoko- inen massiivipuinen levy, jonka on suun- nitellut amerikkalainen yhtiö Freres Lum- ber. Tuote kehitettiin CLT:n kilpailijaksi, ja Freres Lumber kertoo, että MPP on omi- naisuuksiltaan CLT:n veroinen, mutta sen tuottamiseen tarvitaan 20% vähemmän puuta. Massiivipaneeli koostuu yhteen lii- matuista vaneereista ja voi suurimmillaan olla 3,6m leveä, 14,6m pitkä ja 610mm pak- su. (ks. www.frereslumber.com.) Ensimmäi- nen MPP tehdas aloitti toimintansa vuon- na 2017.

Valmistus

Massiivipuulevyt voidaan esivalmistaa ja aukottaa tehtaalla valmiiksi, joka vähentää työmäärää työmaalla. Elementit ovat kevei- tä niiden kokoon nähden, mikä puolestaan helpottaa kuljettamista (ks. www.frereslum-

ber.com.) Niiden valmistuksessa käytetään UF (urea-formaldehydi) liimaa. (Bolduc 2017). MPP:n tuotannossa syntyvä ylijää- mä ja puujäte toimitetaan lastulevyteolli- suuden materiaaliksi (Freres 2018).

Uudelleenkäyttö

MPP-levyt voidaan uudelleenkäyttää joko sellaisenaan tai pienemmäksi leikattuna. Le- vyjen kierrättämistä voidaan verrata mui- den vaneripohjaisten tuotteiden (LVL) kier- rättämiseen, joka on usein haastavaa liiman, sidosaineiden ja käsittelyiden vuoksi. Ele- mentin muuttaminen lastulevyksi tai polt- taminen energiaksi on mahdollista. Freres Lumberin MPP levy voidaan polttaa noin 1000 °C:ssa, jolloin kaasut ovat tarpeeksi kuumia eikä haitallisia päästöjä synny (Fre- res 2018).

Tuotteet

Massiivivanerilevy

Valmistaja: Freres Lumber (USA)
Leveys: 3,6m
Pituus: 14,6m
Paksuus: -610mm

Kuva 27: Mass Plywood Panel, Freres Lumber



Vertailu

Massiivipuutuotteita voidaan vertailla muun muassa esivalmistusasteen, joustavuuden ja kierrätettävyyden saralla.

Esivalmistus

Esivalmistuksella tarkoitetaan rakentamises-
sa kaikkea toimintaa, joka ei tapahdu työ-
maalla. Rakenneosat, elementit ja tilaele-
mentit voidaan rakentaa valmiiksi tehtaalla
ja kuljettaa työmaalle asennettavaksi. Puu
sopii kevyenä materiaalina hyvin esivalmis-
tukseen.

Esivalmistuksen hyötyjä ovat nopeus,
kustannustehokkuus ja tarkkuus. Rakentaminen tapahtuu säältä suojassa tehtaassa, jolloin työn laatu on helppo pitää korkealla. Tehtaalla syntyvän jätteen määrä on pienempi kuin työmaalla ja syntynyt jäte on helppo kierrättää. Lisäksi rakentaminen tehtaalla vähentää työmaasta aiheutuvaa meluhaittaa. Esivalmistettujen rakennusosien kanssa työskennellessä suunnittelu-aika kasvaa, mutta rakennuksen pystytysaika lyhenee. Kuljetus tulee suunnitella huolellisesti etukäteen, sen hintaan vaikuttavat kuljetettavien elementtien koko ja matkan pituus. (Winter & Wolfgang 2012: 74)

Esivalmistettujen elementtien liitokset tulee suunnitella niin, että ne on mahdol-

lista purkaa ja uudelleenasettaa elementtejä vaurioittamatta. Sopivimpia liitoksia uudelleenasettamiseen ovat pulttiliitokset, jotka voi purkaa ja asentaa uudelleen useaan kertaan. Myös ruuviliitokset on helppo purkaa, mutta sekä ruuvien, että ruuvien aiheuttaman reiän uusiokäyttö on haastavaa. (Calkins 2008: 92.)

Massiivipuurakentamisessa yleisin menetelmä on valmistaa rakenne-elementti, esimerkiksi seinä tehtaalla valmiiksi ja kuljettaa työmaalle asennettavaksi. Elementtiin on kohteesta riippuen työstetty valmiiksi ikkunat, ovet, verhoukset ja lvis-asennukset.

Hirret kuljetetaan yleensä erillisinä rakennusosina työmaalle, jossa rakennus kootaan. Lamellihirrestä on rakennettu myös pieniä tilaelementtejä. Tilaelementtien rakentaminen on tavanomaisinta CLT:stä ja MHM:stä, mutta teoriassa mahdollista jokaisesta listan tuotteesta. Aalto Haitek on valmistanut tilaelementteinä muun muassa kaarihalleja ja pukukoppeja.

Massiivipuutuotteiden tavanomainen esivalmistusaste. Järjestys suurimmasta pienimpään.

	Tila- elementti	Rakenne- elementti	Rakenne- osa
Massiivihirsi			✗
DLT		✗	
NLT	✗	✗	
Aaltopuu	✗	✗	✗
ICLT		✗	
Lamellihirsi			✗
CLT	✗	✗	
Liimapuu		✗	✗
LVL		✗	
MPP		✗	✗

Liitokset

Massiivipuun sisäiset joustavat liitokset ta-
kaavat sen, että tuote on helppo purkaa ja
kierrättää tulevaisuudessa. Parhaat liitok-
set eivät vahingoita puutuotteen rakennet-
ta ja ovat koottavissa useita kertoja uudel-
leen. (ks s. 31-33)

Massiivihirsi on kauttaaltaan käsittele-
mätöntä puuta, eikä siinä ole liitoksia. Liit-
tokset ovat yleensä puun heikoin kohta niin
kestävyyden kuin kierrättämisenkin kannal-
ta, mutta näitä ongelmia massiivihirrellä ei
ole. Massiivisuus tuo kuitenkin haasteita ra-
kentamiseen painumisen ja puun elämisen
muodossa, jotka on ratkaistu lamellihirres-
sä liiman avulla.

Joustavimmat liitokset ovat tappi-, pultti-
ti-, salvos- ja terästankoliitokset. Näitä lii-
toksia hyödyntävät DLT, ICLT ja Aalto
Haitek. DLT on tuotteista yleisin ja käytös-
sä erityisesti Keski-Euroopassa. Puutappien
ansiota DLT on helppo kierrättää täyspui-
sena tuotteena. DLT:n etu massiivihirteen
nähdén on puun painumattomuus, joka saa-
vutetaan tapittamalla lautoja ristiin. Suoma-

laisen Aalto Haitekin tekniikka ei ole täys-
puinen, mutta terästanko-pultti -liitokset on
yhtä helppo purkaa kuin perinteiset hirsi-
salvokset. Myös ICLT-seinä on salvosliitos-
tensa ansiosta vaivatonta purkaa ja kierrät-
tää. Tuotteen kehitystyö on yhä meneillään
Yhdysvalloissa.

NLT on tuotteista ainoa, jossa puule-
vy pysyy kasassa naulojen avulla. Levyjen
naulaaminen on edullista ja helppoa, mut-
ta kerran naulatun levyn purkaminen on
haastavaa. Naulat vahingoittavat puuta, ei-
kä niiden irrottaminen kierrätysvaiheessa
ole yleensä taloudellisesti kannattavaa.

Liimaliitosten purkaminen on mahdol-
lista lähinnä laboratorioissa, eikä käytän-
tö tai asianmukainen koneisto ole vakiin-
tunut jätetuun kierrätyksessä (Scalet 2015:
28). Vaikka liima saataisiin irrotettua puus-
ta, puutavaran laatu on liimatuotteissa usein
huonoa, eikä puun jatkokäyttö sellaisenaan
onnistu. Tällä hetkellä käytössä olevat lii-
mat ovat kuitenkin luontoon maatumatto-
mia muoveja, ja niiden poistaminen puusta

Massiivipuutuot-
teiden sisäiset lii-
tokset. Järjestys
joustavimmas-
ta vähiten jous-
ta-
vaan.

	Tapit, pultit	Salvokset	Teräs- tangot	Ruuvit	Naulat	Liimat
Massiivihirsi						
DLT	✗					
NLT					✗	
Aaltopuu	✗		✗			
ICLT		✗				
Lamellihirsi						✗
CLT						✗
Liimapuu						✗
LVL						✗
MPP						✗

monipuolistaa puun kierrätysmahdolli-
suuksia. Liimattuja tuotteita ovat lamel-
lihirsi, CLT, liimapuu, LVL ja MPP.

Uudelleenkäyttö

Kierrätyksen eri asteet ovat uusiokäyttö,
kierrätys ja energiakäyttö (Berge 2001:
11). Kaikkien massiivipuutuotteiden uu-
delleenkäyttö alkuperäisessä käyttötarkoi-
tuksessa on mahdollista, jos sopiva käyttö-
kohde löytyy. Tämän vuoksi standardien
noudattaminen mitoituksessa ja kiinnitys-
menetelmissä on suotavaa.

Kierrätyksellä on kaksi eri astetta
upcycling ja *downcycling*. Upcycling tar-
koittaa sitä, että huonokuntoisen materi-
aalin ominaisuuksia parannetaan jalosta-
malla se uuteen muotoon. Downcycling
toimii päinvastaisesti, eli materiaalin
ominaisuudet heikkenevät uuden tuot-
teen myötä. (Calkins 2008: 80.) ICLT ja
liimapuu ovat esimerkkejä tuotteista, joi-
den ominaisuudet ovat parantuneet kier-

Massiivipuutuot-
teiden uusiokäyt-
tömahdollisuudet.
Järjestys suota-
vimhasta epäsu-
otavimpaan.

rättäessä. ICLT:ssä alkujaan huonokuntoi-
nen kovakuoriaisten tuhoama puutavara sai
uuden käyttötarkoituksen massiivipuutuot-
teen materiaalina. Esimerkkinä downcyclin-
gista mainittakoon massiivipuun muuttami-
nen lastulevyksi elinkaaren loppupuolella.

Massiivipuu voidaan polttaa energiaksi,
jos sen uudelleenkäyttö ja kierrättäminen
eivät onnistu. Energiakäyttö on perusteltua
erityisesti silloin, kun sillä voidaan korvata
fossiilisten polttoaineiden käyttöä (Dodoo
ym. 2014: 153). Epäorgaanisia liimoja polt-
taessa tulee kiinnittää huomiota polttamis-
lämpötilaan ja siihen, ettei polton yhteydes-
sä vapaudu haitallisia kaasuja ympäristöön.

Massiivipuutuotteiden etuna on, et-
tä niistä jokaisen kierrättäminen ja poltta-
minen energiaksi on teoriassa mahdollista.
Puhtaan ja suurikokoisen massiivipuutuot-
teen, kuten massiivihirren ja DLT:n kierrä-
tys on helpointa. LVL:n ja MPP:n kierrät-
täminen on puolestaan epätodennäköisintä,
suuren liimapitoisuuden ja pienimittakaa-
vaisen puutavaran vuoksi.

	Uudelleen- käyttö	Kierrätys	Energia- käyttö
Massiivihirsi	✗	✗	✗
DLT	✗	✗	✗
NLT	✗	✗	✗
Aaltopuu	✗	✗	✗
ICLT	✗	✗	✗
Lamellihirsi	✗	✗	✗
CLT	✗	✗	✗
Liimapuu	✗	✗	✗
LVL	✗	✗	✗
MPP	✗	✗	✗

Kierrätettävyys

Puujätteestä voidaan teoriassa jalostaa monia eri tuotteita, kuten kuitulevyä, lastulevyä, sellua ja kuivikkeita. Käytännössä puujätteen uudelleenkäyttöön liittyy paljon haasteita, eikä puun kierrätys ole vielä yleistynyt Suomessa. Se, mihin tarkoitukseen puujäte sopii, riippuu sen koosta, käsittelyistä, lujuudesta, ulkonäöstä ja sen sisältämistä vierasaineista.

Suomessa kierrätyspuun käyttöä kantavissa rakenteissa rajoittaa lainsäädäntö ja hinta. Kantavissa rakenteissa tulee käyttää lujuusluokiteltua puuta, eikä kierrätyspuun luokittelua ole vielä kehitetty. Puutavaran käsityövaltainen lajittelu nostaa sen hintaa, joka puolestaan lisää sen epäsuosiot. (Heräjärv, Pirhonen, Saukkola, & Verkasalo 2011: 30)

Puutavara, sisustus

Kierrätyspuun käyttö on tällä hetkellä mahdollista ei-kantavissa rakenteissa, kuten väliseinien runkorakenteissa. Pohjois-Amerikassa on yrityksiä, jotka purkavat rakennuksia käsityönä ja jalostavat purkupuun lattialankuiksi, paneeleiksi ja verhous-

laudoiksi (Myller 2015: 26). Massiivipuun sopii hyvin puutavaraksi ja sisustukseen, kun laatuvaatimukset täyttyvät.

Maantäyttö, kompostointi, kate

Iso-Britanniassa suosittuja käyttökohteita purkupuulle ovat maantäyttö ja kompostointi. Lisäksi puujätettä jalostetaan pohjamateriaaliksi erilaisiin käyttökohteisiin, kuten lenkipoluille, eläinsuojiin, leikki-paikkoihin sekä katteisiin. (Myller 2015: 26.) Katetta käytetään istutuksien suojana, se estää rikkakasvien kasvamisen ja kosteuden haihtumisen kasvualustasta.

Liimoista ja metallikiinnikkeistä puhdas massiivipuutavara sopii parhaiten ympäristörakentamiseen. Useat liimatun massiivipuun valmistajat kertovat, että tuote voidaan kierrättää katteeksi sen elinkaaren lopulla. Nykyisin käytettävät liimat sisältävät kuitenkin luonnossa hajoamattomia muoveja, joten niiden jalostaminen katteeksi tulee kyseenalaistaa. Lisäksi liimatusta puusta valmistetun katteen laatu voi olla heikompaa kuin puhtaasta puusta valmistettuna (Dillström 2018).

	Puutavara, sisustus	Vaneri	Lastulevy	Kuitulevy	Kate	Kuidutus	Puumuovikomposiitit
Massiivihirsi	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
DLT	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
NLT						✗	✗
Aaltopuu	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
ICLT		✗	✗	✗	✗	✗	✗
Lamellihirsi	✗		✗		✗	✗	✗
CLT	✗		✗		✗	✗	✗
Liimapuu	✗		✗		✗	✗	✗
LVL	✗		✗			✗	✗
MPP	✗		✗			✗	✗

Vaneri ja kuitulevy

Erilaiset puulevytuotteet ovat varteenotettava tapa hyödyntää kierrätyspuuta, mutta kierrätyspuusta tuotetun levyn laatu on huonompi, kuin neitseellisestä puusta. (Myller 2015: 26). Kierrätyspuun käyttö vanerin tai kuitulevyn tuotantoon on vaikeaa, sillä niiden valmistukseen sopii ainoastaan puhdas raakapuu. Kuitulevyn valmistuksessa puu kuidutetaan märkänä ja jos puussa on liimaa tai kemikaaleja, tulee puu käsitellä valmistuksen yhteydessä. Veden sekaan liuenneet käsittelyaineet lisäävät veden puhdistuksen kustannuksia. (Heräjärv ym. 2011: 28.)

Lastulevy

Keski- ja Etelä-Euroopassa on yleistä, että puujäte kierrätetään lastulevyksi. Se on kuitenkin epätodennäköistä Suomessa, koska lastulevyteollisuudella menee tällä hetkellä heikosti. Lisäksi raaka-aineena käytetään puuteollisuuden sivutuotteita, joten siirtyminen kierrätyspuuhun ei toisi säästöjä neitseellisen puutavaran käyttöön. Lastulevyjen tuotantoa ei rajoita raaka-aineen saatavuus, joten jätteen hyödyntäminen ei myöskään

kasvattaisi tuotantoa. Hyvälaatuinen kierrätyspuu sopii kuitenkin ainakin teoriassa lastulevyn materiaaliksi. (Myller 2015: 26.) Liimattujen massiivipuutuotteiden jalostaminen lastulevyksi on mahdollista, mutta harvinaista. Esimerkiksi LVL:n kierrättämistä lastulevyksi tulisi vielä tutkia lisää (Väättäinen 2018).

Puumuovikomposiitit

Kierrätyspuusta on mahdollista tehdä erilaisia puumuovikomposiitteja, joissa sekä muovin että puun parhaat ominaisuudet yhdistyvät. Tuotteessa niiden suhteellinen osuus voi vaihdella 10-80%:n välillä. Puumuovikomposiitteja käytetään erityisesti terassilaudoissa, mutta myös esimerkiksi ulkoverhouksessa tai huonekaluissa. Puumuovikomposiittien etuihin lukeutuvat hyvä hiilen sitomiskyky, kierrätysmateriaalien hyödyntäminen, myrkyttömyys ja mahdollisuus polttaa tuote energiaksi sen elinkaaren lopussa. Tuotteen valmistukseen voidaan teoriassa käyttää jäteluokan B puuta, mutta siitä ei ole vielä aiempaa kokemusta. Suurimmat epävarmuudet liittyvät puun

Esimerkkejä massiivipuutuotteiden teoreettisista kierrätysmahdollisuuksista.

heterogeenisyyteen ja mahdollisiin epäpuhtauksiin. (Myller 2015: 27.) Tässä suhteessa massiivipuu on tavallista puutavaraa helpompi kierrättää komposiitiksi, sen homogeenisyyden vuoksi.

Kuidutus
VTT:n (2015) tekemässä tutkimuksessa selvitettiin jätepuuluokkien B, C ja D (ks. s. 27) sopeutuvuutta kuidutukseen. Sekä kuidutulangan että vaahtoarkkien valmistus on mahdollista, eikä esimerkiksi home, kemialliset yhdisteet tai metallit estä puun kuiduttamista. Puun murskaaminen pieneksi ja toinen seulontavaihe vähensivät epäpuhtauksia lopputuotteessa. Maalit ja kemialliset yhdisteet jäävät todennäköisesti jäteliemeen, jonka puhdistamisesta aiheutuvia lisäkustannuksia tai kierrättämistä tutkimuksessa ei otettu huomioon (Asikainen, Gestranus, Kataja, Kouko, Liukkonen, Määttänen & Rautkoski 2015: 36.) Puukuitulangan mahdollisuudet ovat erityisesti tekstiiliteollisuudessa, ja sen avulla voitaisiin korvata osa epäekologisesta puuvillan tuotannosta. Puukuitulangan tuotantoon menee 99%

vähemmän vettä ja 80% vähemmän energiaa kuin puuvillan tuotantoon. (ks. www.uusipuu.fi).

Purkupuun laatu

Jos massiivipuu puhdistetaan mekaanisista liitoksista ja liimasta ennen kierrätystä, on olennaista tietää, mikä on jäljelle jääneen puutavaran laatu ja koko. Mitä suurempikoista ja parempilaatuista puutavara on, sitä enemmän on mahdollisuuksia kierrättämiselle. Tässä tarkastelussa ei oteta huomioon sään tai ajan aiheuttamia muutoksia puussa.

Taulukossa suurikokoinen viittaa puutavaraan, josta on mahdollista työstää pilareita, palkkeja ja muita runkorakenteita. Keski-kokoisesta puutavarasta voidaan valmistaa esimerkiksi lautta ja pienikokoisesta puutavarasta ainoastaan haketta.

Massiivipuun valmistuksessa on voitu käyttää puutavaraa, joka on hyvälaatuista, keskilaatuista tai huonolaatuista. Tässä arvioinnissa hyvälaatuisella viitataan puutavaraan, jonka oksaisuus on pientä ja halkeamat vähäisiä. Keskilaatuisessa puutavarassa on

oksia ja/tai halkeamia suuremmassa määrin ja huonokuntoisessa puussa on hyönteisvaurioita tai runsaasti oksia.

Mekaanisin liitoksin kootut massiivipuutuotteet on helpompi purkaa osiin kuin liimatut. Liiman irrottaminen puutuotteesta ei yleensä ole perusteltua, sillä se vielä paljon aikaa ja energiaa. Kannattavampaa on hyödyntää liimatut massiivipuutuotteet sellaisenaan, lastuiksi pilkottuna puupohjaisen tuotteiden materiaalina tai energian raaka-aineena.

Puutavaran laatu ja koko on paras massiivihirressä, seuraavaksi paras DLT:ssä, Aalto Haitekissa, Lamellihirressä ja CLT:ssä. Heikoin yhdistelmä on LVL:llä, MPP:llä ja ICLT:llä, joista saatava puu on heikkolaatuista ja/tai pienikokoista. NLT:stä puretun puutavaran voidaan olettaa olevan heikkolaatuista, koska naulat vaurioittavat puun rakennetta ja aiheuttavat kuormituksen keskittymistä sekä heikentävät puun kestävyyttä leikkausvoimia vastaan. Täytyy kuitenkin muistaa, että heikkolaatuista tai pienikokoista puuta käyttävissä tuotteissa puutavara on jo valmiiksi ollut jäte- tai ylijäämäpuuta, joka on otettu hyötykäyttöön.

	Pieni-kokoinen	Heikko-laatuinen	Keski-kokoinen	Keski-laatuinen	Hyvä-laatuinen	Suuri-kokoinen
Massiivihirsi					✗	✗
DLT		✗	✗	✗		
NLT		✗	✗			
Aaltopuu	✗		✗	✗	✗	
ICLT		✗	✗			
Lamellihirsi			✗	✗		
CLT			✗	✗		
Liimapuu			✗	✗		
LVL	✗	✗				
MPP	✗	✗				

Massiivipuutuotteesta puretun puutavaran oletettu laatu.

Pohdintaa

Massiivipuutuotteet

Massiivipuu on rakenteena vanha, mutta eri tuotteiden ikähaitari on suuri. Massiivihirret ovat olleet tuotannossa pidempään kuin esimerkiksi CLT ja liimapuu, jonka vuoksi niiden ympäristövaikutuksista ja kierrättämisestä on enemmän kokemusta. Uusien tuotteiden kierrättämisestä saatavaa tietoa on niukasti ja käytännön esimerkkejä vielä vähemmän. Kierrättämiseen tulisi kuitenkin valmistautua jo nyt, jos massiivipuutuotteiden käyttöä lisätään tulevaisuudessa.

Massiivipuu Suomessa

Suomessa yleisimmin käytettyjä massiivipuutuotteita ovat massiivihirsi, lamelli-hirsi sekä CLT. Liimattujen puutuotteiden rinnalle ovat nousseet nauloilla laminoitu NLT sekä kotimaista alkuperää oleva Aaltopuu. Tulevaisuudessa Suomelle luontevimmat massiivipuutuotteet ovat ne, joiden valmistamiseen käytetään mahdollisimman puhdasta ja suurikokoista puutavaraa, sillä hyvälaatuista puuta on helposti saatavilla. Suurikokoiselle puutavaralle on tulevaisuudessa monta uusiokäyttö- ja kierrätystapaa.

Hybridirakentaminen

Hybridirakentaminen, eli erilaisten rakenteiden yhdistäminen, on massiivipuulle ominaista. Erilaisten massiivipuutuotteiden yhdisteleminen samassa rakennuksessa on usein perusteltua, niiden teknisiin ominaisuuksiin vedoten. Liimapuisten palkkien ja pilareiden yhdistäminen puutapeilla tapitettuihin välipohjiin (DLT) on tavallista USA:ssa ja Keski-Euroopassa. Kaikkia seiniä ei aina ole tarpeen rakentaa massiivipuusina, vaan esimerkiksi kevyet väliseinät voidaan toteuttaa rankarakenteisina. On myös yleistä yhdistää massiivipuusiin välipohjiin betonivaluja, joiden avulla rakenteen ääne-

neristävyyttä voidaan parantaa, mutta kyseinen yhdistelmä ei sovi ekologista rakennustapaa tavoittelevalle.

Mekaaniset liitokset

Erilaisia liitoksia on vaikeaa ja kenties myös tarpeetonta asettaa paremmuusjärjestykseen, sillä jokaiseen niistä liittyy hyviä ja huonoja puolia. Täyspuiset mekaaniset liitokset kuten salvokset ja puutapit ovat ekologisesta näkökulmasta ylivoimaisia. Elinkaaren lopussa niistä saatua puutavaraa voidaan käsitellä lähes samaan tapaan kuin raakapuuta, olettaen että puu on yhä hyvälaatuista. Naulatun massiivipuun edut liittyvät helppoon valmistukseen ja siihen, että naulat on helppo kierrättää. Kerran kasaan naulattua massiivipuelementtiä on kuitenkin työlästä purkaa, eikä nauloista puhdistettu purkupuole ole kestävyysominaisuuksiltaan entisellään. Harmillisesti juuri tämän vuoksi naulattu massiivipuu poltetaan energiaksi kierrättämistä yleisemmin.

Mekaanisten liitosten heikkous liimaliitoksiin nähden on saumojen heikompi tiiveys, sillä liitoskohta on pinta-alaltaan pienempi kuin liimatussa puussa. Tiiveyden puute saattaa edistää puun kosteuselämistä ja vaikuttaa näin mittatarkkuuteen. Mekaaniset liitokset ovat myös rajallisempia käytön suhteen kuin liimaliitokset. Esimerkiksi mekaanisin liitoksiin valmistettu ja pilari- ja palkkirakenteita ei juurikaan ole, vaan niissä liimaliitos on yhä yleisempi. Toivon mukaan helposti purettavista mekaanisista liitoksista tehdyt rakenteet yleistyvät ja monipuolistuvat tulevaisuudessa.

Liimaliitokset

Suurimmat epävarmuudet varsinkin kuluttajien keskuudessa liittyvät liimaan. Liimaa-

malla pienikokoisesta, muuten jätetuuksi tai energiakäyttöön joutuvasta puutavarasta voidaan valmistaa suuria puuelementtejä. Mitä pienemmästä puutavarasta massiivipuu muodostuu, tai mitä pidemmälle puutuotteen jatkojalostus etenee, sitä suurempi on yleensä liiman osuus. Liimat ovat kehittyneet viime vuosina huomattavasti ja liiman määrä puutuotteissa on vähentynyt. Orgaaniset liimat eivät kuitenkaan ole vielä yleistyneet puuteollisuudessa, vaan käytössä olevat liimat ovat luonnossa hajoamattomia yhdisteitä. Edellä mainitun vuoksi puun jatkojalostaminen liimatuotteiksi tuntuu usein kyseenalaiselta. Vaikka puun käyttöikää saadaankin jatkettua, kuinka suureksi ongelmaksi liimojen määrä muodostuu tulevaisuudessa? Useissa jatkojalostustuotteissa (esimerkiksi lastulevy, kuitulevy, komposiitit) liiman määrä on merkittävä ja olennainen osa tuotteen rakennetta. Yksi vaihtoehto on luopua liimaa sisältävistä puutuotteista kokonaan, mutta silloin vaihtoehdot kierrättämiseen vähenevät merkittävästi.

Jos kuitenkin liimattuja puutuotteita, kuten lastulevyä tai komposiitteja valmistetaan, tulisi niiden tuotannossa hyödyntää joko vähintään kertaalleen käytettyä puuta tai teollisuuden hukkapuuta. Kierrätyspuun käyttö esimerkiksi lastulevyn tuotannossa uuden puun sijaan parantaa tuotteen energiatehokkuutta ja vähentää siitä aiheutuvia kasvihuonepäästöjä (Dodoo 2014: 154). Uuden puutavaran käytön pitäisikin painottua suurikokoisiin tuotteisiin, kuten liimattoomaan massiivipuuhun ja runkotavaraan.

Energiakäyttö

Energiakäytön tulisi olla puun viimeinen käyttökohde ja siihen pitäisi ryhtyä vasta kun raakapuuta on ensin hyödynnetty muussa tarkoituksessa. Puun energiakäyttö perus-

tuu jo nyt suurilta osin jätetuun ja teollisuuden sivutuotteiden (kuten kuoren) polttoon, joka on perusteltua koska niillä saadaan pienennettyä fossiilisten polttoaineiden osuutta energiatuotannossa. Puun polttaminen ei suuressa määrin kuitenkaan ole kannattavaa, sillä palaessaan puu vapauttaa ilmakehään siihen varastoituneen hiilidioksidin. Raakapuun polttoa energiaksi on kritisoitu rankasti tutkijoiden keskuudessa, sillä met-siä pitäisi ennemmin kasvattaa entisestään kuin polttaa lämmön tuottamiseksi.

Markkinointi

Massiivipuun markkinointiin liittyy usein harhaanjohtavia käsitteitä ja läpinäkyvyyden puutetta. Massiivipuu-termiä käytetään niin liimapuusta kuin hirrestäkin, eikä tuotteiden sisältämistä liitoksista ole nimen yhteydessä mainintaa. Markkinoinnissa tulisi käyttää selkeitä käsitteitä, jotka estäisivät sekaannukset. Lamellihirsi tai liimahirsi ovat hyviä esimerkkejä nimistä, jotka kertovat selvästi mistä tuotteesta on kyse. Tietoja tuotteen sisältämisestä lisäaineista tai liitoselementeistä ei saa pimittää, vaan tuoteselosteiden tulee olla helposti saatavilla, kuten myös tuotteen valmistamiseen ja hävittämiseen liittyvä tieto.

Lopuksi

Massiivipuu on hyvä vaihtoehto puurakentamisen määrän kasvattamiseen ja puu suotavampi tulevaisuuden rakennusmateriaali kuin esimerkiksi betoni tai teräs. Suurimmat esteet puutuotteiden kierrättämiselle tuntuvat olevan hetkellisten säästöjen tavoittelu sekä asenteet. Rakennuslalla tulisi palkita siitä, jos rakentamisessa hyödynnetään kierrätettyjä materiaaleja ja sakottaa luonnonvarojen tuhlailevasta käytöstä.

Osa 3

Suunnitelma



Näkymä Heinätorinkadulle.

Massiivipuinen kerrostalo



Rakeisuus 1:5000

Sijainti

Suunnittelualue sijaitsee Oulun keskusta-alueen viidennessä kaupunginosassa Leiverissä, korttelissa 1, tontilla 10. Alue tunnetaan puhekielessä nimellä Heinäpää, vaikka virallisesti sen nimestä aluetta ei enää Oulussa ole. Tonttia rajaavat tiet ovat Kirkkokatu, Heinätorinkatu, Isokatu sekä Limingankatu. Matkaa ydinkeskustaan on noin 500 metriä.

Historia

Heinäpään saneerauskaava vahvistettiin vuonna 1969 ja se koski kaupunginosia III, VI ja V. Yhtenäinen klassismia mukaileva puutaloalue raivattiin pois ajan ihanteita heijastelevan rationalistisen uusruutukaa- van tieltä. Taloudellinen kasvu ja tehokas maankäyttö olivat kaavan tärkeimmät tavoitteet. Uudessa kaavassa 3-5 kerroksiset puoliavoimet lamellikorttelit rajaavat pihaa jättäen sen kuitenkin avoimeksi funktionalismin ihanteita toteuttaen. Alkuperäinen katuverkko säilyi, leventyen kadunvarsipysäköintiä varten. Puistojen tilalle rakennettiin väljiä korttelipihoja, jotka myöhemmin muuttuivat suurilta osin parkkipaikoiksi. (Oulun kaupungin rakennussuojelutyöryhmä 2016: 29.)

Täydennysrakentaminen

Keväällä 2017 kaupunginvaltuusto hyväksyi Oulun keskustan strategisen kehittämissuunnitelman (Keskustavisio 2040), jonka päätavoitteena on keskusta-alueen ja erityisesti Heinäpään tiivistäminen. LUO arkkitehdit ovat tutkineet tiivistämisen eri mahdollisuuksia Heinäpään täydennysrakentamisen toteutusselvityksessä (2018) yhdessä Oulun kaupungin kanssa.

Yksi tutkituista rakennustyypeistä on kadun varteen sijoittuva pistetalo (kuva 28 ja 29), joka tiivistää ja sulkee avoimen lamellikorttelin ja johon myös oma suunnitelmani

tukeutuu. Pistetalon eduiksi mainitaan sen helppo toteuttaminen ja haasteiksi muun muassa naapuritalojen läheisyys joka vaikuttaa asunnoista avautuviin näkymiin. Jos rakennus sijoittuu kahden tontin välille, rajalle tai osittain katualueelle, yhteistyö kaupungin ja taloyhtiön välillä on välttämätöntä. (LUO arkkitehdit 2018: 23.)

Autopaikat

Vanha pysäköintinormi (yksi autopaikka / k-100m²) vaihtui uuteen (yksi autopaikka / k-210m²) keväällä 2018. Pysäköintinormin muutos helpottaa keskusta-alueen tiivistämistä ja luo hyvät puitteet kevyenliikenteen kehittämiselle.

Ramboll Finland Oy tutki Heinäpään täydennysrakentamisen toteutus selvityksessä parkkipaikkojen käyttöastetta ja esitti erilaisia vaihtoehtoja pysäköinnin toteuttamiseksi. Tutkittavaan alueeseen kuului seitsemän korttelia ja puistoaluetta, mukaanlukien tämän työn suunnittelukortteli. Laskenta toteutettiin neljänä arkipäivänä päivällä ja yöllä vuonna 2017. Autopaikkojen käyttöaste alueella on päivällä noin 60-70% ja yöllä 35-40%. Kortteleissa käyttöaste on päivällä ja yöllä noin 45-55% ja kaduilla päivällä noin 75-90% ja yöllä noin 30%. Selvityksessä todetaan, että nykyinen parkkien määrä riittää kokonaisuudessaan tällä hetkellä hyvin. Keskittämällä työmatkapyysäköintiä laitoksiin katutila saataisiin vapautettua muuhun käyttöön. (LUO arkkitehdit 2018: 14.)

Esitettyjä ratkaisuja autopaikoituksen järjestämiseksi lisärakentamisen tapahtuessa ovat parkkinormin keventäminen, LPA-alue poikkikaduilla, LPA-alue puiston tai poikkikadun alla, keskitetty laitos ja pihakannen alle sijoittuva pysäköinti. Normin keventämisellä tai maanpäällisillä LPA-alueilla vältetään kalliilta rakentamiselta eikä

OULU,

V-KAUDUNGINOSAN KORTTELIA 1 KOSKEVA ASEMAKAAVANMUUTOS

ASEMAKAAVAMERKINTÖJÄ JA -MÄÄRITYKSIÄ:

- 3 M SEN ASEMAKAAVA-ALUEEN ULKOPUOLELLA OLEVA VIIVA, JOTA VAHVISTAMINEN KOSKEE.
- - - - - ERI ASEMAKAAVAMÄÄRITYSTEN ALAISTEN ALUEEN OSIEN VÄLINEN RAJA.
- +--- KAUPUNGINOSAN RAJA
- ===== KORTTELIN RAJA
- TONTIN RAJA
- V KAUPUNGINOSAN NUMERO
- 1 KORTTELIN NUMERO
- 10 TONTIN NUMERO
- RIIPPOUATU KADUN NIMI
- V ROOMALAINEN NUMERO, JOKA OSOITTAA RAKENNUSTEN, RAKENNUKSEN TAI SEN OSAN SUURIMMAN SALLITUN VARSINAISEN KERROSLUVUN.
- [] RAKENNUSALA
- X RISTI MERKINNÄN PÄÄLLÄ OSOITTAA MERKINNÄN POISTAMISTA.
- ALU YHDISTETTYJEN LIIKE- JA ASUNTOKERROSTALOJEN KORTTELIALUE.

ALK- KORTTELIALUEELLA ON KULLEKIN TONTILLE VARATTAVA YKSI AUTOPAIKKA ASUNTOA JA LIIKEHUONEISTON KERROSTALAN 100 M KOHTI SEKÄ LISÄKSI 10 M YHTENYVÄ PIHA-ALUUTA ASUNTOA KOHTI.

TONTIN RAJALLA RAKENNUKSLA YHTENRAKENNETTAESSA NIIDEN KATTOLISTOJEN TULEE OLLA SAMALLA KORKEUDELLA JA KATTOLIUSTOJEN YHDENMUKAISIA.

MAISTRAATTIN LUVALLA SAADAAN TONTILLE PIHATASON ALAPUOLELLE SIJOITTAA MAANALAISIA AUTOTALLITILOJA.

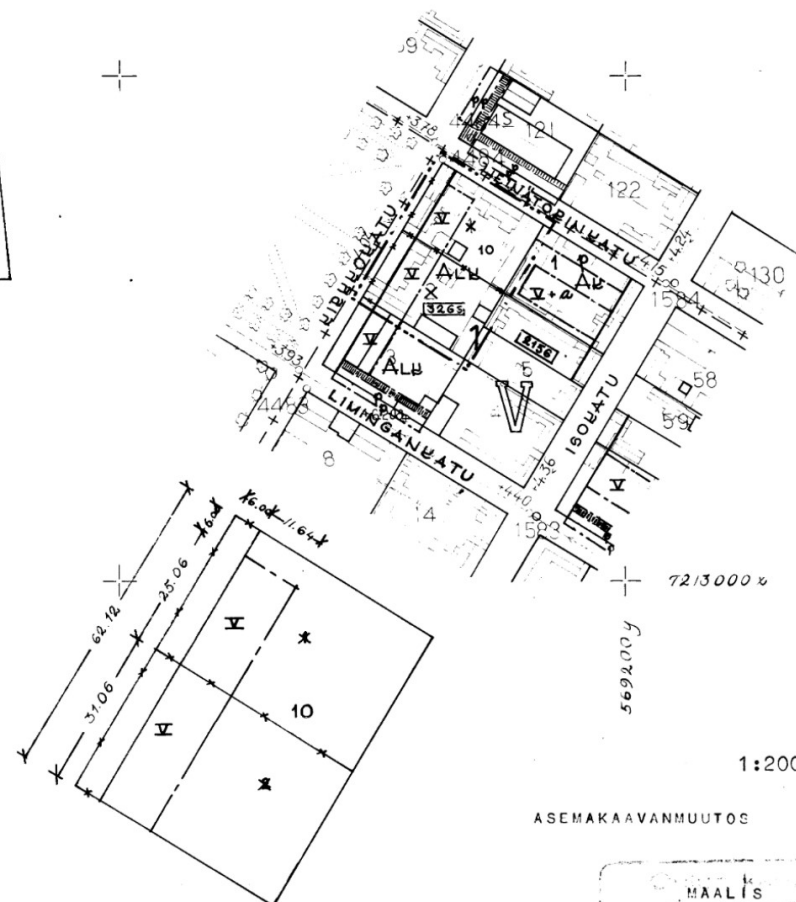
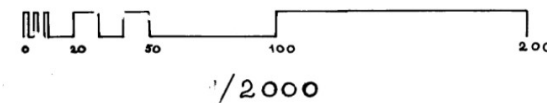
TONTILLE SALLITTU KERROSALA NELJÖMETREISSÄ.

ASEMAKAAVA ON VAHVISTETTU 4.6.1908.

MITTAUSOSASTO ON TARKASTANUT POHJAKARTAN, JOKA VASTAA OLOSUHTEITA 20.3.1964.

APUL. KAUPUNGINGEODEETTI

Kalevi Palmu
KALEVI PALMU

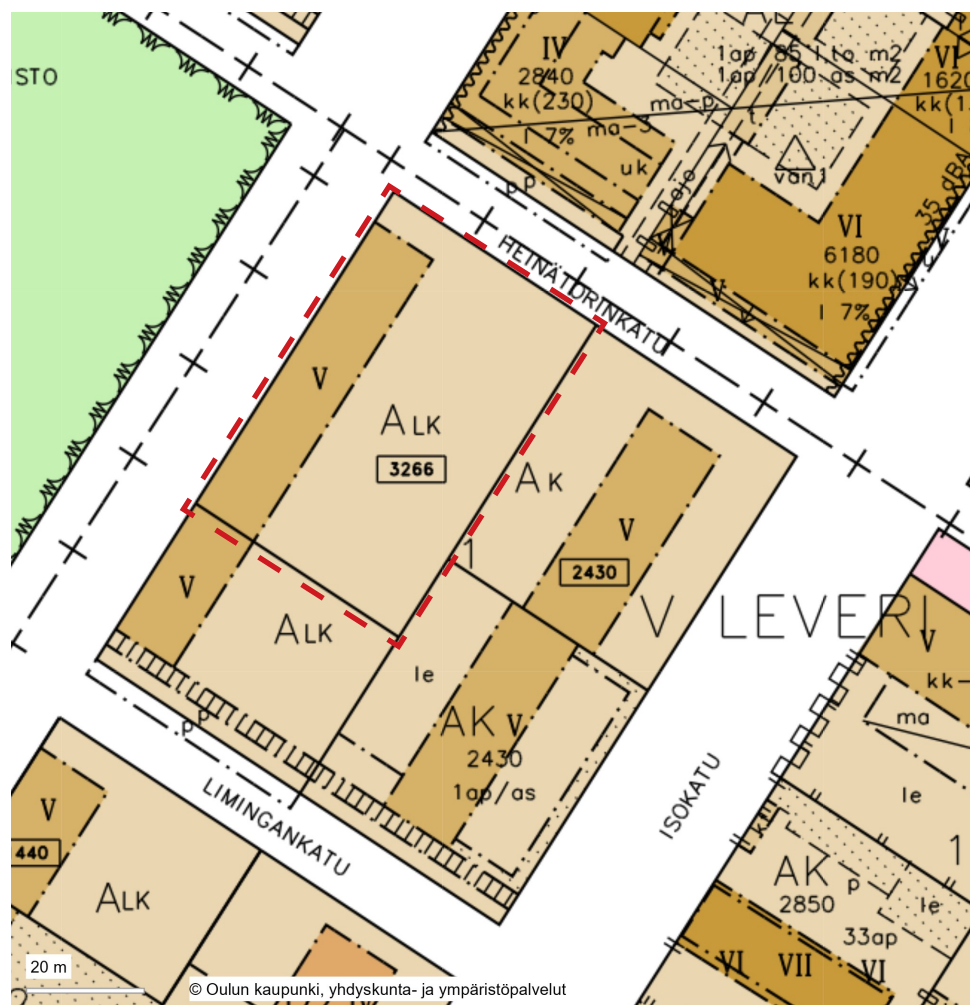


1:2000

ASEMAKAAVANMUUTOS

MAALIS 24 1964.
N:o 0.4

IRMA MIKKOLA



Suunnittelukorttelin olemassaoleva asemakaava. Täydennysrakennettava tontti on asuin,- liike- ja toimistorakennusten korttelialuetta.

suuria rakenteellisia muutoksia tarvita. Toisaalta maanalainen pysäköinti vapauttaisi tilaa muille toiminnoille kaduilla ja auttaisi katutilan elävöittämisessä. Jos tulevaisuudessa autoilu kuitenkin vähenee, on suurille parkkialueille hankala keksiä uusiokäyttöä. Mikään raportin esittämistä vaihtoehtoista ei yksin ratkaise Heinäpään pysäköinnin haasteita, vaan ratkaisut tulee tehdä tilannekohtaisesti. (LUO arkkitehdit 2018: 36.)

Tulevaisuudessa myös olemassa olevan rakennuskannan pysäköintinormia tullaan

keventämään täydennysrakentamisen ohessa. Autopaikkojen vähittäismäärä tarkennetaan erillisellä pysäköintiselvityksellä asemakaavavaiheen yhteydessä. (LUO Arkkitehdit 2018: 58.)

Lähtötilanne korttelitasolla

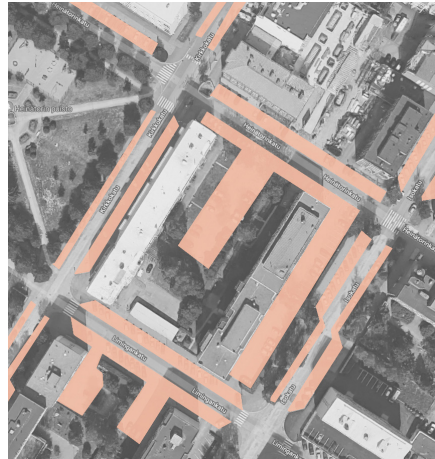
Lähtötilanne on Heinäpäälle tyypillinen. Suunnittelukorttelissa on neljä tonttia joista kullakin on yksi viisikerroksinen rakennus. Yhdessä kaksi vierekkäistä lamellia muodos-



Kuva 28 (yllä) ja 29 (alla): LUO arkkitehtien ehdotus "Pistemäiset" Heinäpään täydennysrakentamiseksi. © LUO arkkitehdit Oy.

tavat pitkän rakennusmassan. Rakennusten aukotus on yksinkertainen ja monimuotoisuutta julkisivuihin tuovat osittain ulostyöntyvät parvekkeet jotka avautuvat kaakkoon ja luoteeseen. Rakennusten seinämateriaaleja ovat harmaa betoni, vaalea rappaus sekä oranssi tiili. Katemateriaalit vaihtelevat vaaleasta pellistä bitumikermiin. Tonttien 10 ja 8 alakerrassa on pienimuotoista liiketilaa ja ravintoloita, mutta muuten korttelin rakennukset ovat asuinkäytössä.

Kortteli rajautuu koillisessa autotiehen ja muilta sivuiltaan jalkakäytävään. Autojen määrä alueella on huomattava, sillä sisäpiha, tonttien 9 ja 11 etupihat, Heinätorinkadun varsi sekä Limingankadun varsi ovat korttelin asukkaiden autopaikkoina. Kirkkokadun ja Isokadun varrella on myös paikoitusta. Heinätorinpuisto korttelin lounaispuolella toimii lähivirkistysalueena korttelin asukkaille.



Autopaikkojen sijainti suunnittelualueella.



Näkymä Heinätorinkadulta syksyllä 2018. Suunnittelualue vasemmalla.



Näkymä Heinätorinkadulta syksyllä 2018. Suunnittelualue oikealla.



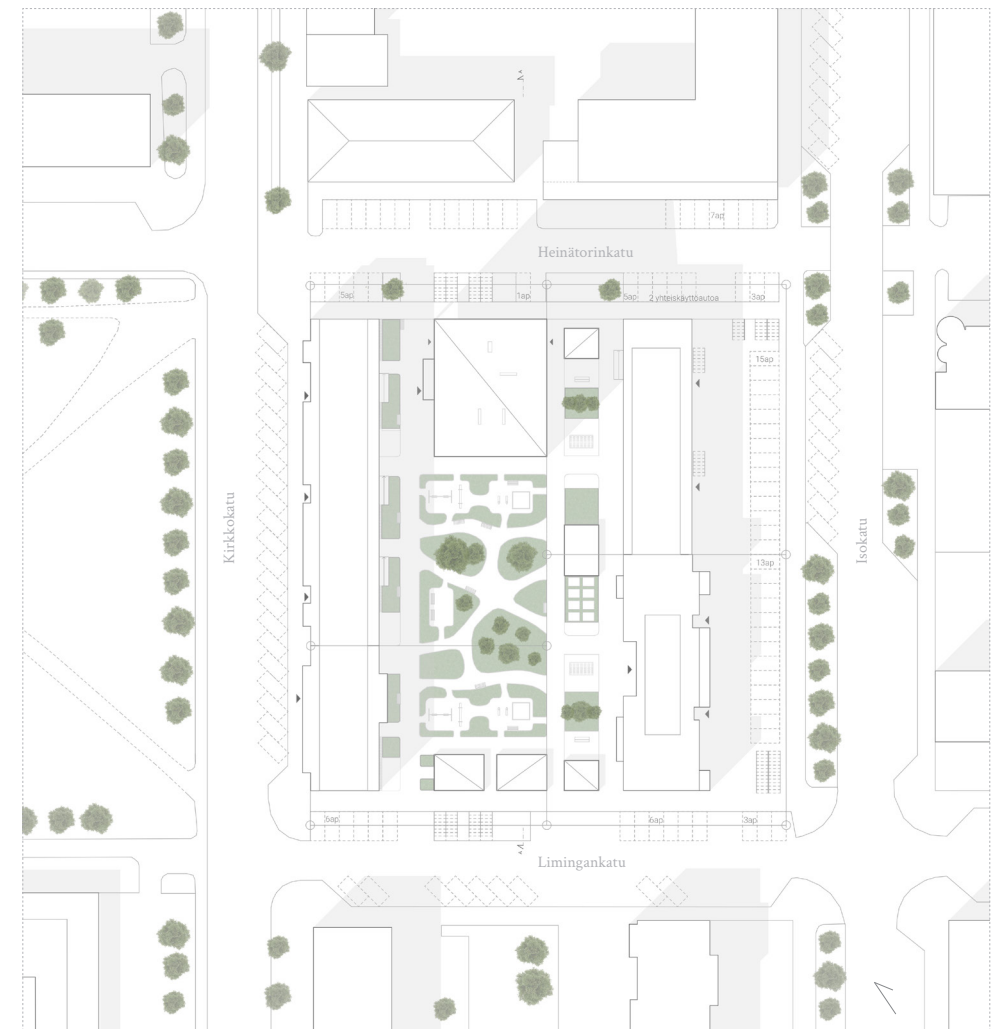
Näkymä suunnittelualueen sisäpihalta syksyllä 2018.

Suunnitelma

Uusi kerrostalo täydentää Heinäpäälle tyyppillisen avoimen lamellikorttelin koillisivulta. Tärkein alueellinen tavoite kaupunkirakenteen tiivistämisen lisäksi on tuoda lisää monimuotoista asuin-, liike- ja toimistotilaa Heinäpäähän, jota vaivaa yksitoikkoisuus ja uneliaisuus. Kerrostalo noudattaa materiaalien ja tilajärjestelyjen puolesta kestäväää rakennustapaa ja pystyy sopeutumaan tulevaisuuden muutoksiin. Suunnitelma rajautuu korttelitasolle ja painopiste on tontissa 10. Se on kuitenkin sovellettavissa kaikkiin alueen tuplalamelli-kortteleihin.



Näkymä pohjoisesta. Suunnitelma rajautuu korttelitasolle, mutta sitä on mahdollista soveltaa myös muihin Heinäpään tuplalamelli-kortteleihin.



Asemapiirros 1:1300

Ulkomuoto

Massoittelu

Rakennuksessa on 11 kerrosta ja sen kerrosala on 2640 k-m². Kerrostalo on typologialtaan pistetalo, jota kiertää parvekvyöhyke. Parvekvyöhyke lisää asuntojen muuntojoustavuutta tarjoamalla useita vaihtoehtoja parvekelasitusten ja ulkovarastojen sijoittamiseen. Parveke toimii puskurivyöhykkeenä kaakossa ja luoteessa, joissa välimatka olemassa oleviin rakennuksiin on pieni. Lisäksi eteläpuoleinen parveke varjostaa sisätiloja kesäisin, joka vähentää viilentämisen tarvetta.

Rakennuksella on harjakatto, joka on rakennusteknisesti pitkäikäinen ja turvallinen. Modernin ilmeen luomiseksi harjalinja kulkee nurkasta nurkkaan, perinteisen ulkoseiniin nähden kohtisuoraa kulkevan harjalinjan sijaan.

Julkisivut

Julkisivuille rytmiä luovat parvekkeita kannattelevat massiivipuiset pilarit sekä parvekkeiden välipohjat. Kehymäisen muodon sisällä lasitetut ja lasittamattomat parvekkeet sekä puuverhous vuorottelevat satunnaisesti

sa järjestyksessä, joka elävöittää julkisivuja. Yksinkertaisesta lankusta muodostuvat parvekekaiteet lisäävät yksityisyyttä varjostamatta parvekettä liikaa.

Rakennuksen julkisivuissa on käytetty vain ympäristölle haitattomia ja helposti kierrätettäviä materiaaleja. Julkisivun verhouksena ja parvekekaiteiden materiaalina toimii asetylonilla eli teollisuusetikalla käsitelty mänty. Käsittelyssä puu turpoaa, jonka johdosta puun mittapysyvyys, lahonsietokyky ja pitkäaikaiskesto paranevat. Parvekkeita kannattelevat pilarit ovat liimapuisia, ja parvekkeiden välipohjat tapitettua massiivipuuta. Myös ne on rakennettu asetyloidusta puusta. Katemateriaalina toimii savitiili, joka on helposti huollettava ja pitkäikäinen.



Julkisivuote 1:50

1. Mäntyverhous, asetyloitu
2. Liimapuu, asetyloitu mänty
3. DLT, asetyloitu mänty
4. Lasi
5. Savitiili, tumman harmaa
6. Luonnonkivi, vaalean harmaa
7. Alumiini, harmaa

1. Mäntyverhous, asetyloitu
2. Liimapuu, asetyloitu mänty
3. DLT, asetyloitu mänty
4. Lasi
5. Savitiili, tumman harmaa
6. Luonnonkivi, vaalean harmaa
7. Alumiini, harmaa



Julkisivu kaakkoon 1:400



Julkisivu lounaaseen sisäpihalle 1:400



Julkisivu koilliseen Heinätorinkadulle 1:400



Julkisivu luoteeseen 1:400

Piha ja maantasokerros

Piha

Suunnitelmassa neljän eri tontin pihat yhdistyvät toimintojensa puolesta, joka mahdollistaa yhteisöllisen ja monimuotoisen korttelipihan kaikille korttelin asukkaille. Se on luonteeltaan puistomainen, urbaani ja turvallinen. Olemassa olevalle korttelirakenteelle ominainen avaruus on säilytetty. Kortteli avautuu etelään, jonka ansiosta pihan valoisa kaikkina vuodenaikoina. Autojen poistuttua sisäpihalta tila on vapautunut oleskelulle, leikille ja viljelylle.

Pyörrien säilytyspaikat sijoittuvat sekä sisä- että ulkotiloihin. Lounaissivulta korttelia rajaavat kaksi uutta pyörävarastoa, jotka tekevät pihasta yksityisemmän ja antavat sille selkeät rajat. Tomutus ja kuivaus sijaitsevat rakennuksen sivulla helposti saavutettavassa paikassa. Roskakatoksia on korttelissa kaksi, Heinätorinkadun ja Limingankadun varrella, joiden kautta huoltoliikenne on luontevaa.

Maantasokerros

Rakennuksen pääsisäänkäynti ja porrashuone sijoittuvat luoteisjulkisivulle. Ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevat pesula ja kuivaushuone avautuvat leikkipihalle terassien kautta, joka lisää yhteisöllisyyttä. Toiseen

kerrokseen jatkuvan liiketilan ikkunat avautuvat jalkakäytävälle katumaisemaa elävöittäen.

Parkit

Korttelin autopaikat sijoittuvat tonttien 9 ja 11 etupihoille sekä LPA-alueille Heinätorinkadulle ja Limingankadulle. Helpotus pysäköintinormissa sekä tulevaisuudessa tapahtuva olemassa olevien rakennusten pysäköintinormin kevennys mahdollistavat sen, että autopaikkojen määrä alueella ei muutu merkittävästi. Nimellä merkittyjen autopaikkojen sijaan pysäköinti painottuu nimeämättömiin joustaviin autopaikkoihin, jonka avulla käyttöastetta voidaan nostaa. Vuorottaispysäköinti asukkaiden ja alueella työskentelevien kesken tehostaa osaltaan parkkien käyttöä. Yhteiskäyttöautot korttelissa sopivat satunnaisesti autoa tarvitseville.

Kellari

Kellarissa sijaitsevat väestönsuoja, talovarasto sekä rakennuksen tekniset tilat. Rauhankäytävällä väestönsuojassa on kuntosali sekä irtainvarastot.

Piha

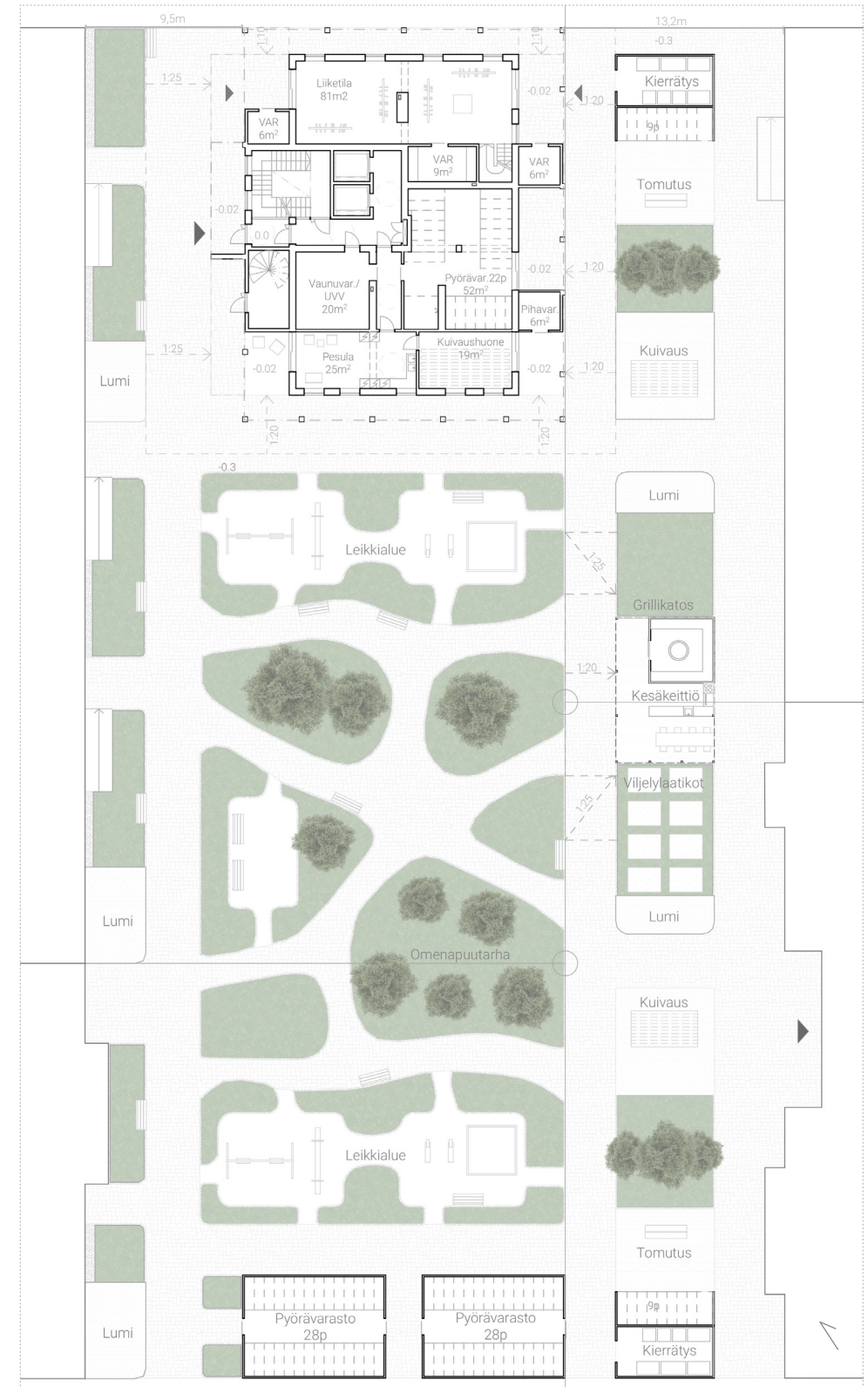
Pyörävarasto 56p 100m²
+ pihapaikkoja
Leikkialue x 2
Grillikatos ja kesäkeittiö 50m²
Kierrätyshuone 17m² x2
Tomutus x 2
Kuivaus x 2

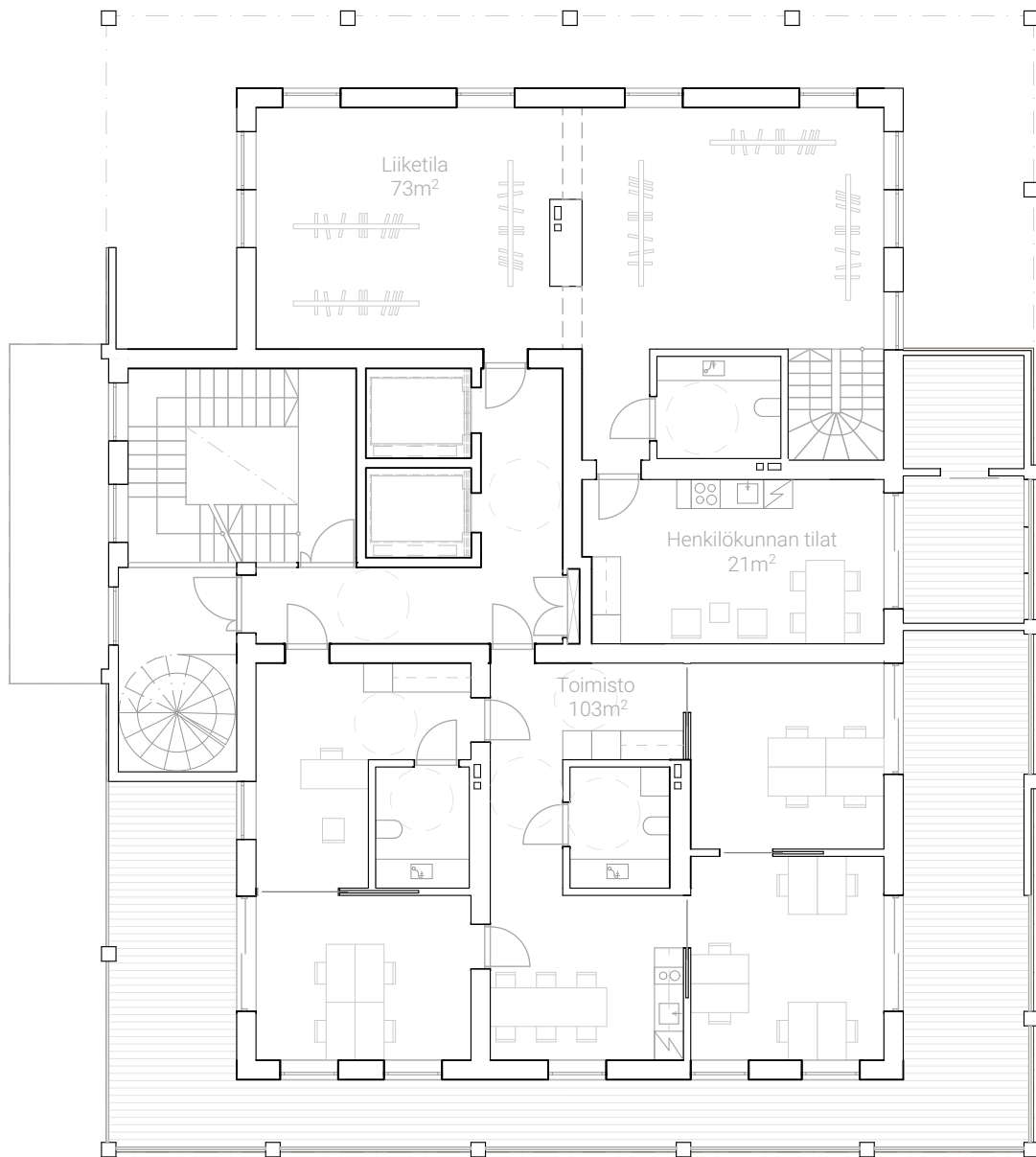
Maantasokerros:

Liiketila 81m²
(+ liiketila 73m² 2. kerros)
Vaunuvarasto / UVV 20m²
Pesula 25m²
Kuivaushuone 19m²
Pyörävarasto 22p 52m²
Pihavarasto 6m²

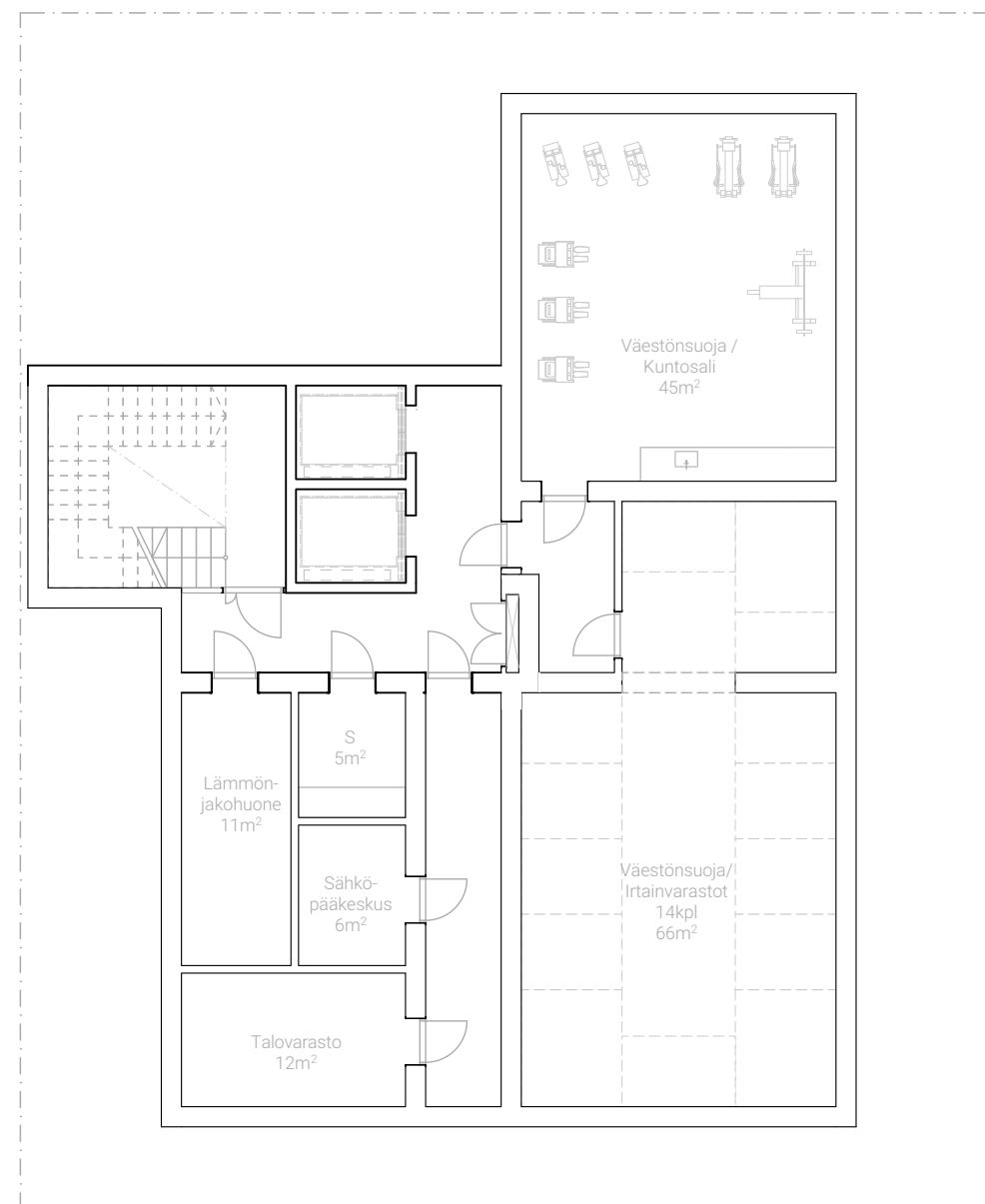
Kellari:

Sähköpääkeskus 6m²
Lämmönjakohuone 11m²
Talovarasto 12m²
Siivouskomero 5m²
Väestönsuoja / Kuntosali 45m²
Väestönsuoja / Irtainvarasto 66m²





2. Kerros 1:150. Maantasokerroksen liiketila jatkuu toiseen kerrokseen.



Kellari 1:150

Kerrospohjat

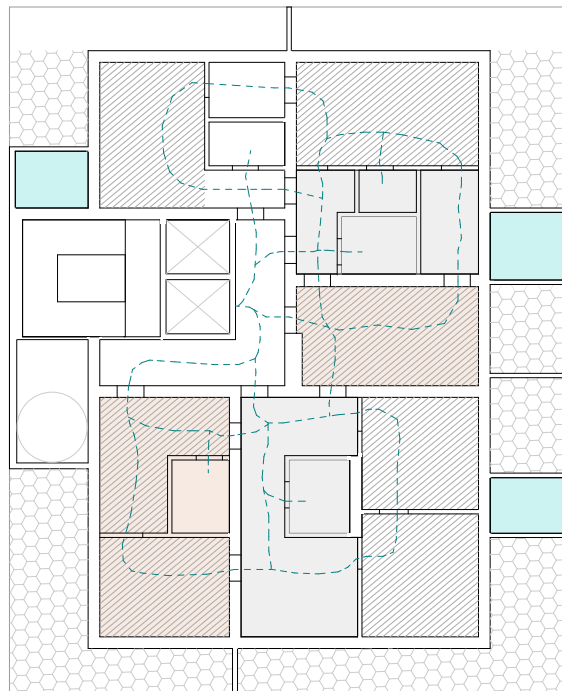
Muuntojoustavuus

Peruskerroksissa tärkein suunnittelua ohjaava tekijä on muuntojoustavuus, joka takaa sen, että rakennus pystyy vastaamaan ajan tuomiin muutoksiin ja on näin ollen ekologinen. Suuressa mittakaavassa muuntojoustavuus tarkoittaa sitä, ettei rakennusta ole suunniteltu yhtä käyttötarkoitusta varten, vaan se voi mukautua niin asuin-, toimisto-, kuin liiketiläkäyttöönkin. Pienessä mittakaavassa se mahdollistaa erilaiset huonejärjestelyt ja tilojen koon muutokset tilayksiköiden sisällä. Rakenuksen muuntojoustavuus edesauttaa yksilöllistä elämistä ja mukautuu erilaisiin elämäntilanteisiin.

Suunnitelmassa esiintyviä muuntojoustavuuden ratkaisuja ovat: skenaariosuunnittelu, neutraali tila, kytköhuonelogiikka, monireittilogiikka, halli- ja huoneet -logiikka, mahdollisuus väliseinien lisäämisen ja pur-

kamiseen sekä laajat parvekevyöhykkeet jotka mahdollistavat erilaisia säilytys- ja lasitusratkaisuja. Toimistot on mahdollista tehdä joko avo- tai huonetoimistoina ja niitä voi olla kerroksessa yhdestä neljään kappaletta. Asuinhuoneistoja kerroksessa voi olla kaksi, kolme tai neljä. Asunnot mukautuvat niin yksin- kuin kimppaelämiseen ja perheille. Kytöhuoneet mahdollistavat asunnon suurenemisen ja pienenemisen elämäntilanteen mukaan. Monireittilogiikka toteutuu sillä, että jokaiseen huoneeseen on vähintään kaksi ovea, joka sallii erilaisten reitien syntymisen asunnon sisällä. Mahdolliset ovien paikat on merkattu katkoviivalla pohjapiirroksiin.

Suunnitelmassa esitetyt pohjapiirroukset ovat esimerkkejä useista mahdollisuuksista, eivätkä ne ole sidoksissa tiettyyn kerrokseen.



- Neutraali tila (>13m²)
- Kytöhuone/asunto
- Halli- ja huonelogiikka
- Mahdollinen varasto
- Mahdollinen parvekelasitus
- Monireittilogiikka

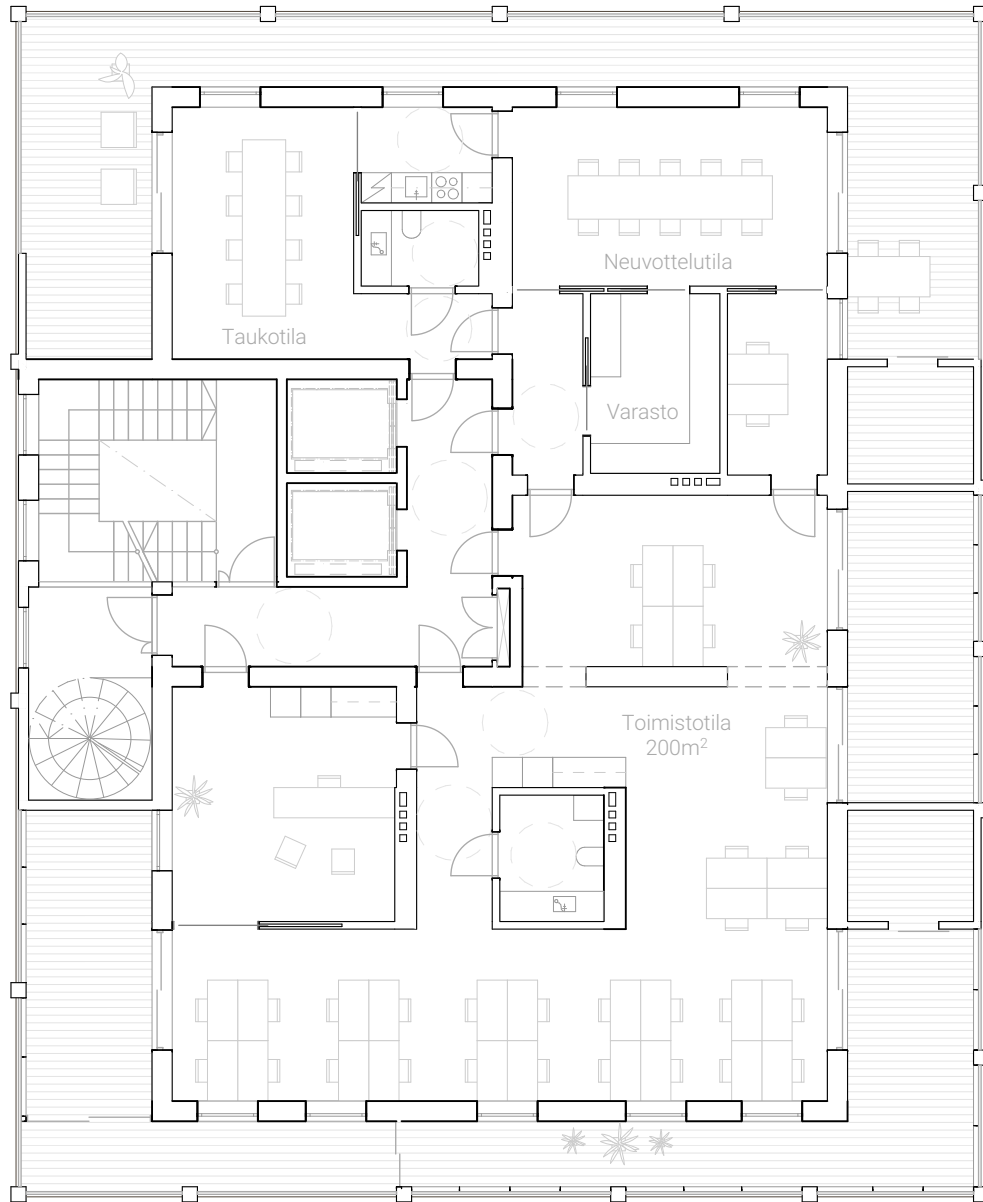
Muuntojoustavuus peruskerroksessa.



Erilaisia vaihtoehtoja sisätilojen järjestelylle. Värit havainnollistavat huoneistojakoa.

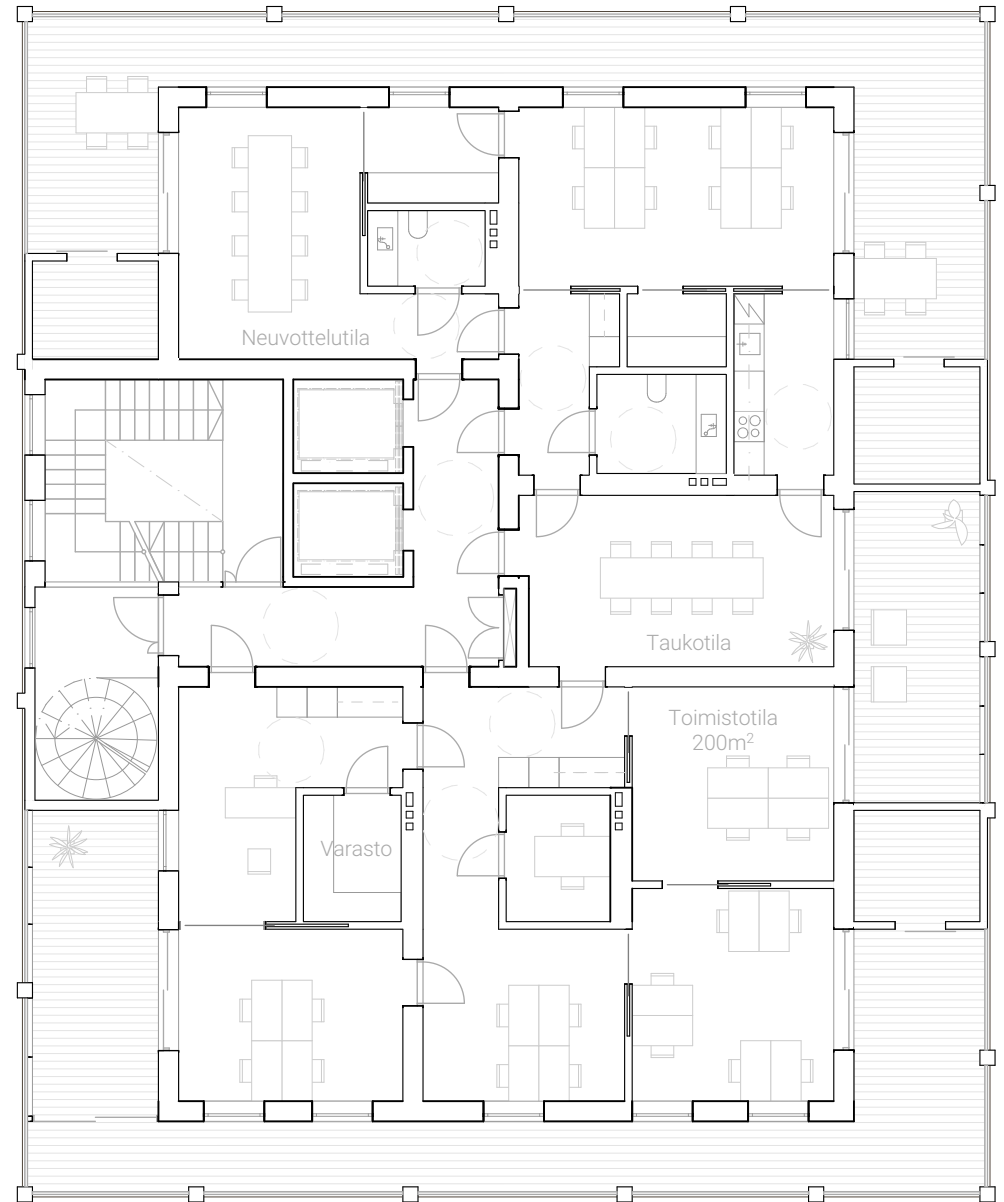
Muuntojoustavuus toimistopohjissa

Avotoimisto 1:150



Avotoimisto saadaan aikaan väliseiniä purkamalla ja kantavia seiniä aukottamalla. Huonetilat toimivat tauko- ja kokoushuoneina.

Huonetoimisto 1:150



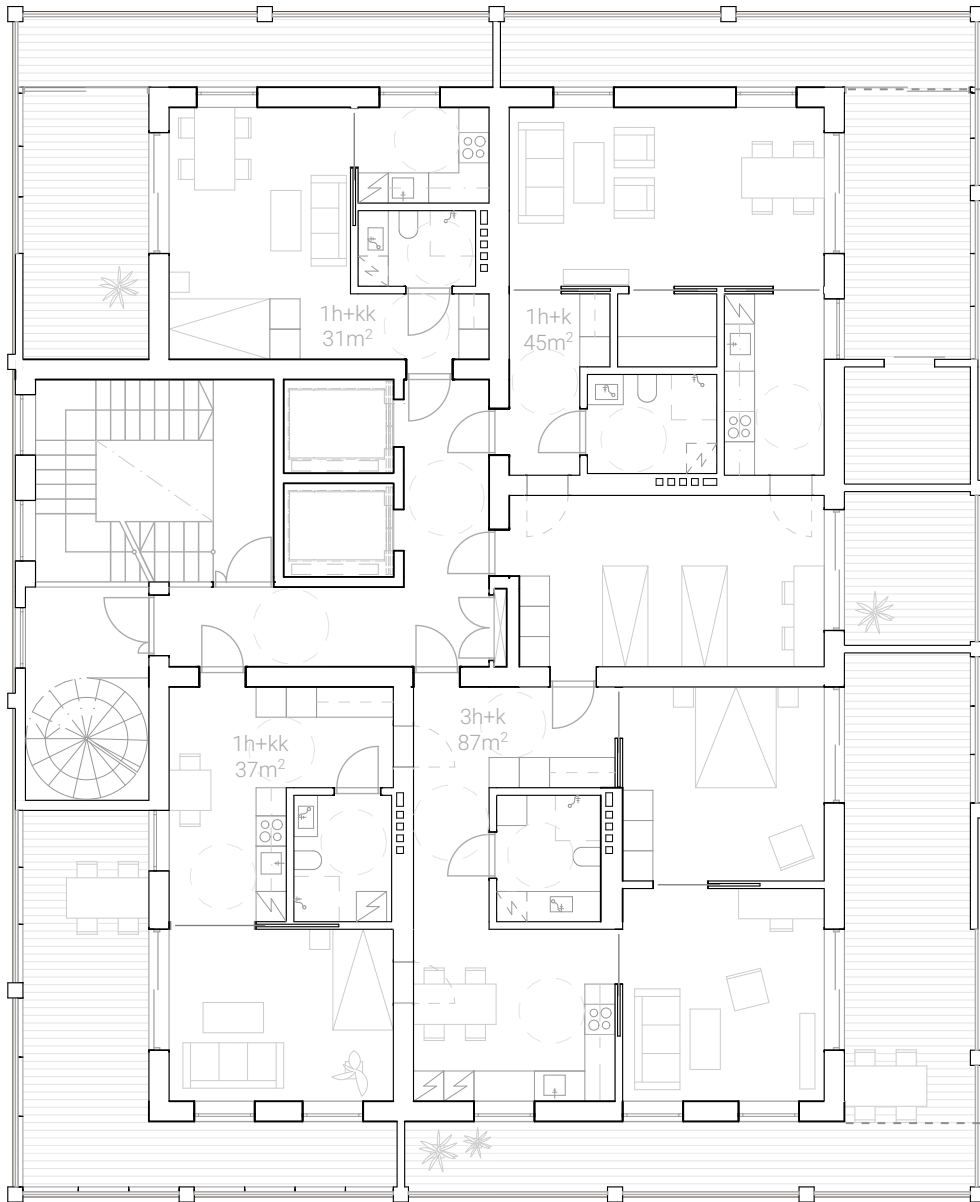
Huonetoimistona väliseinät ja kulkureitit pysyvät ennallaan ja toiminnot sijoittuvat huoneisiin niiden vaatiman pinta-alan mukaisesti. Toimistotila voi olla myös yhdistelmä avo- ja huonetoimistoa.



Näkymä avotoimistosta.

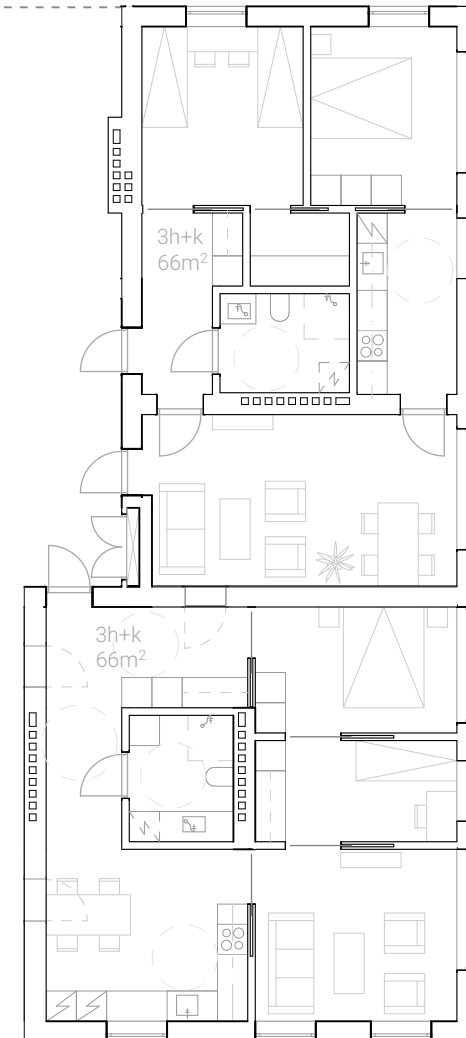
Muuntojoustavuus asuntopohjissa

Pienet asunnot 1:150



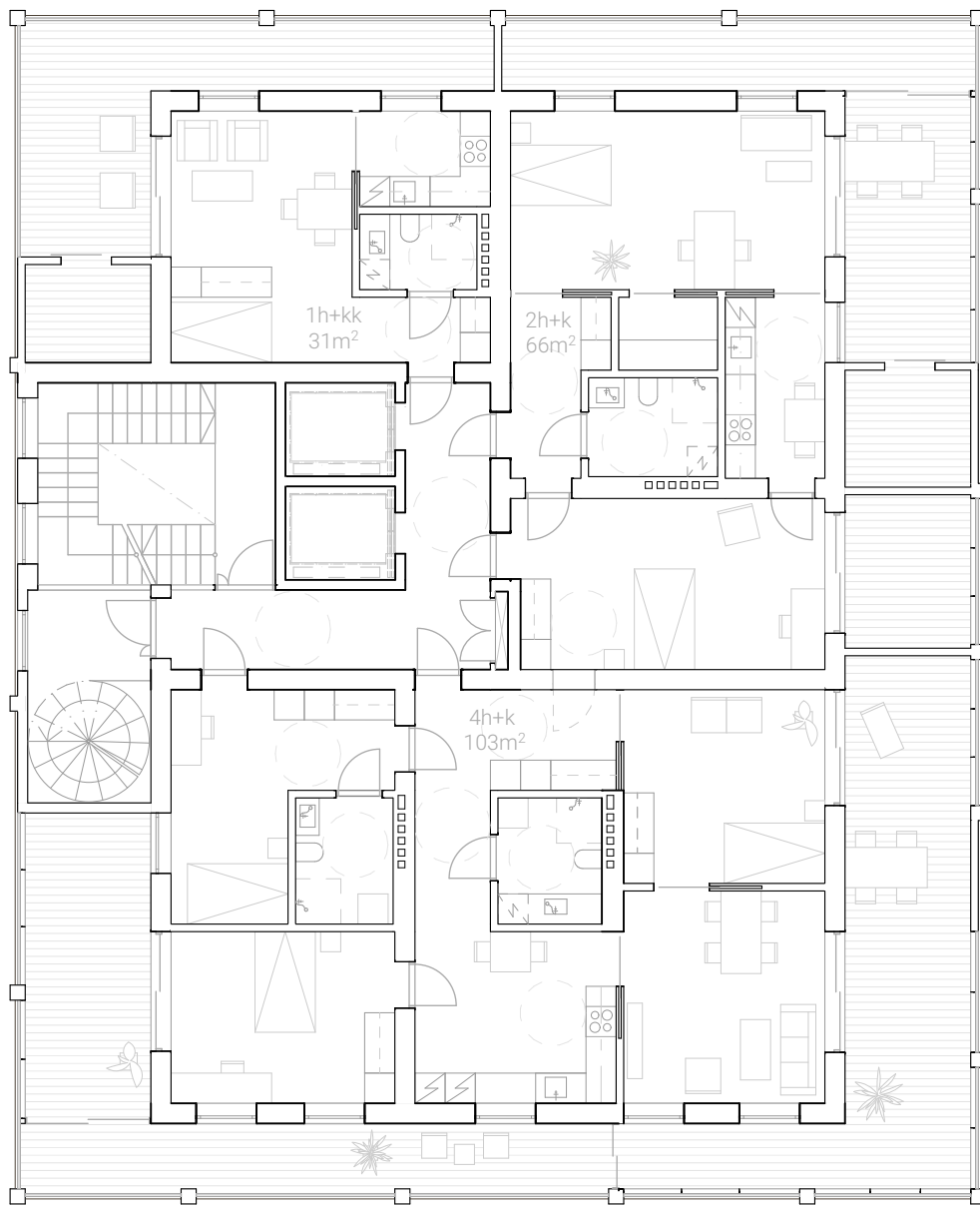
Pienissä asunnoissa muuntojoustavuus perustuu monireittilogiikkaan sekä neutraalituloihin, joiden kalustaminen on monella tapaa mahdollista.

Lisähuoneet 1:150



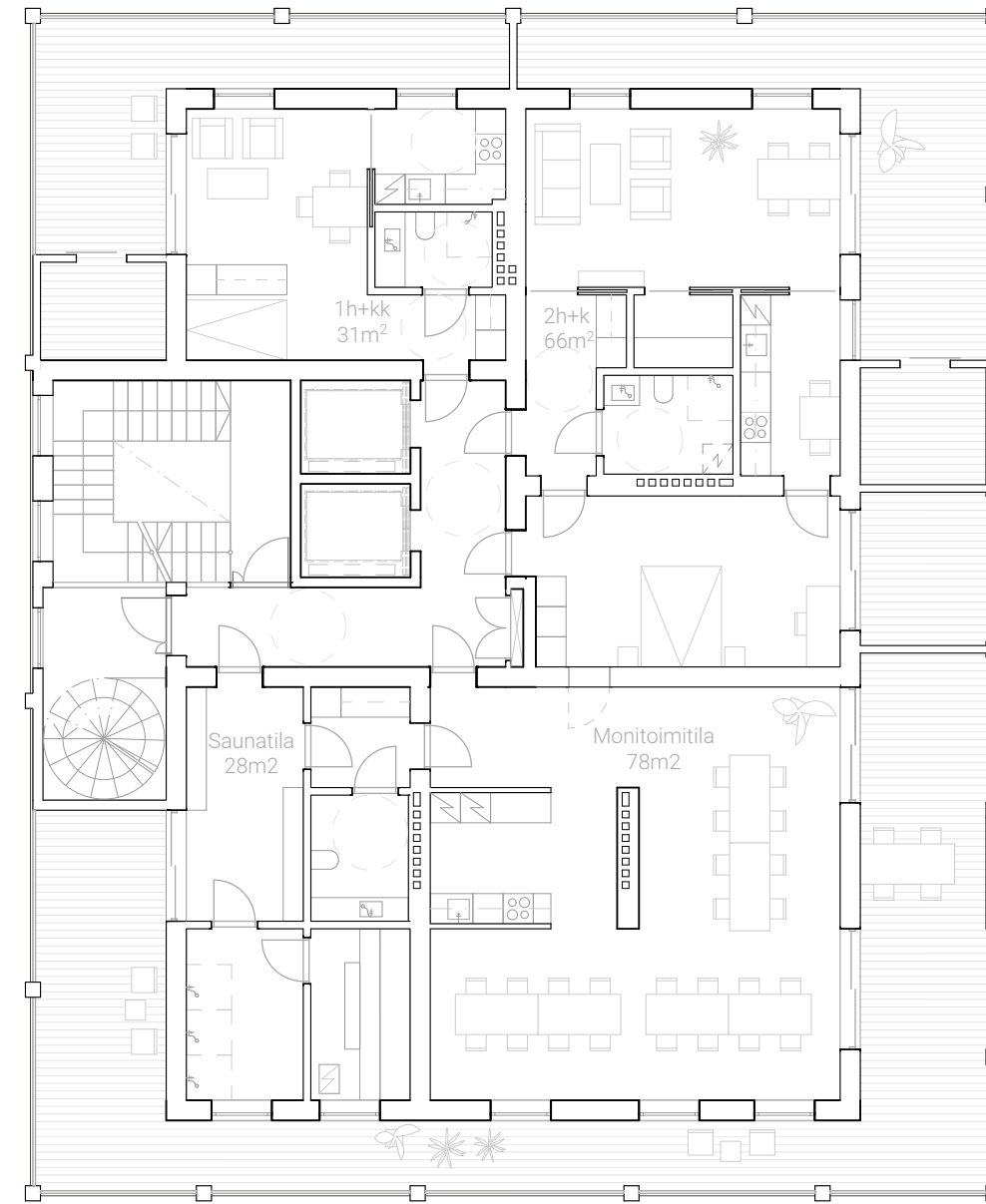
Väljiin kaksioihin voidaan rakentaa lisähuone elämäntilanteen niin vaatiessa.

Kimppakämpät 1:150

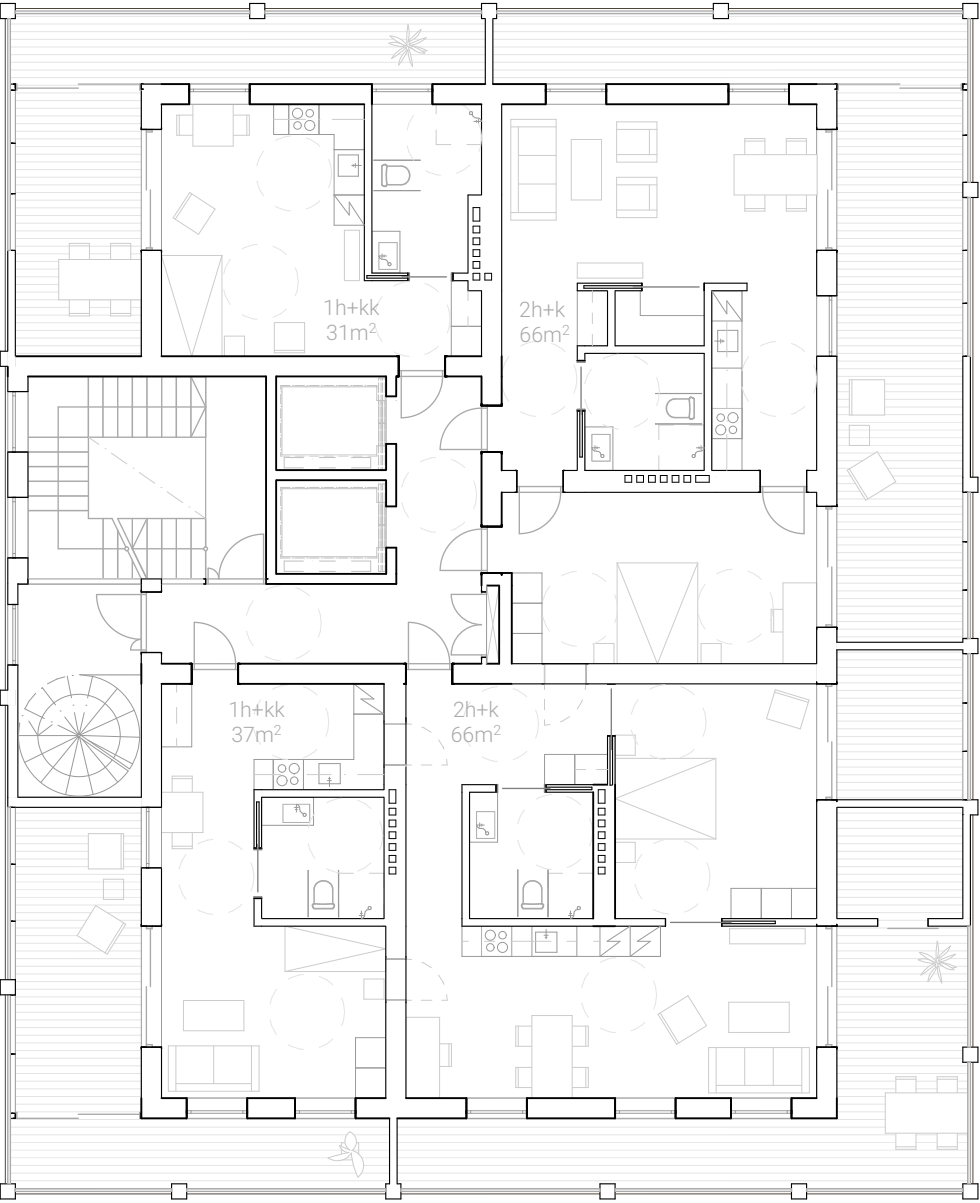


Asunnot sopivat hyvin kimppakämpiksi, halli- ja huonelogiikan ansiosta. Kulku huoneisiin tapahtuu keittiön ja eteisen kautta.

Yhteistilat 1:150



Yhteistilat on mahdollista sijoittaa mihin kerrokseen tahansa. Kuvassa esitetty monitoimitila sekä saunaosasto.



Asunnot ovat muokattavissa senioreiden tarpeisiin suuremmilla toimenpiteillä, kylpyhuonetilaa suurentamalla ja väliseiniä siirtämällä.



Näkymä huoneiston parvekkeelta.

Rakenne ja detaljit

Yleistä

Rakenteissa ja detaljeissa on pääperiaatteena ollut suunnitella pitkäikäisiä, ekologisia ja helposti kierrätettäviä ratkaisuja. Rakennusmateriaaleina toimivat pääasiassa puu, tiili, luonnonkivi, lasi, savi ja metallit pienissä määrin. Aineita, joita on pyritty välttämään ovat muovi, bitumi, betoni sekä vaikeasti kierrätettävät komposiitit ja myrkylliset käsittelet. Kaikki suunnitelman tekniset ratkaisut eivät noudata nykymääräyksiä, vaan toimivat kehityssuunnan näyttäjänä tulevaisuuden puurakentamiselle.

Rakenteet

Kerrostalon kantava rakenne muodostuu ristiin tapitetusta massiivipuusta (DLT) (ks. s. 40-41). Seinissä on käytetty ristiintapitettua ja välipohjissa sekä yläpohjassa yhden-suuntaisesti tapitettua puuta. Myös väliseinien ja parvekelaattojen materiaalina toimii tapitettu massiivipuu. Parvekkeita kannat-

televat pilarit ovat liimapuuta, sillä niiden valmistaminen liimattomana ei ole nykymentelmillä vielä yleistynyt. Vesikattoa kannattelee sahatavarasta toteutettu kattorisikko.

Ilmanvaihto

Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto, joka perustuu yksinkertaisesti ulko- ja sisätilan lämpötilaeroon sekä tuulen aiheuttamaan paine-eroon. Puhdas ilma saapuu huoneeseen ikkunoiden yläpuolella sijaitsevista venttiileistä ja likainen ilma poistuu hormien kautta ulko-ilmaan. Hormit sijaitsevat kussakin asunnossa kylpyhuoneen ja keittiön yhteydessä. Painovoimainen ilmanvaihto on pitkäikäinen ja toiminnaltaan luotettava järjestelmä. Se ei tarvitse toimiakseen sähköä tai muita laitteita. Se soveltuu myös hyvin pariin muuntojoustaville tilaratkaisuille, sillä erillisiä alakatto-



ja ei tarvita, vaan huoneet itsessään toimivat ilmanvaihtokanavina. Ullakko mahdollistaa sen, että piipuista saadaan tarpeeksi korkeat myös ylimmissä kerroksissa.

Lämmitys ja sähkö

Kerrostalo lämmitetään vesikiertoisilla pattereilla. Energialähteeksi on syytä valita vähäpäästöinen vaihtoehto, sillä painovoimainen ilmanvaihto kuluttaa enemmän lämmitysenergiaa kuin koneellinen ilmanvaihto. Sähköjohdot asennetaan pintavetoisena kattoon ja seiniin, jolloin niitä on helppo muuttaa ja korjata ajan myötä.

Paloturvallisuus

Rakennuksen paloturvallisuus perustuu toiminnalliseen palomitoitukseen (P0), sillä se ei korkeutensa eikä pintojensa puolesta sovi P2-luokkaan. Toiminnallisen palomitoituksen suunnittelee asiaan perehtynyt insinööri. Tässä diplomityössä suunnittelun perustana on toiminut kahdeksankerroksinen P2-luokan kerrostalo, johon erikoisratkaisuja ja säännöistä poikkeamisia on peilattu. Jokainen määräyksistä poikkeaminen perustuu tavoitteeseen rakentaa mahdollisimman ympäristöystävällisesti. Keskeisimpiä keinoja paloturvallisuuden takaamiseksi ovat sprinklaus, palonsuojakäsittely ja hiiltymämitoitus (0,8 mm minuutissa).

P2-paloluokan suojaverhousvaatimuksissa on tapahtunut helpotuksia, joiden perusteella aina ei tarvitse tukeutua toiminnalliseen palomitoitukseen. Massiivipuu kuuluu rakennustarvikeluokkaan D-s2, d0, jonka vuoksi se voidaan jättää ilman suoja-verhousta, kun suojaamattoman katon tai seinän pinta-ala on 20-80% koko katon tai seinän pinta-alasta. Suojaverhouksen korvaa kantavan rakenteen palonkestoajan parantaminen hiiltymämitoituksen avulla. Suunnitelmassa kyseinen tilanne toteutuu lähinnä pienten asuntojen katoissa, kun kylpy- ja vaatehuoneiden katot suojaverhotaan.

Ajallemme tyypillisesti puurakenteiden palosuojana on käytetty kipsilevyä yksinkertaisena tai kaksinkertaisena rakenteena. Kipsilevy on kuitenkin altis homeille ja mikrobeille, jonka vuoksi tämän kerrostalon paloeristäväksi materiaaliksi valikoitui kosteutta tasaava savilevy.

Savilevy on rakennuslevy, joka käy sekä seinä-, että kattopintoihin. Se koostuu polttamattomasta savesta ja kuituvahvisteista. Levyt kiinnitetään rakenteen pintaan savilevyruuveilla, jonka jälkeen ne päällystetään savilaastilla. Savilevyn käyttö ei ole vielä yleistynyt Suomessa, eikä sillä ole rakennustarvikeluokkaa. Yksinkertaisen savilevyn paloluokka on Saksassa F30 joka vastaa Suomessa luokkaa EI30 (Villeco Oy 2018, ks. Luonnollisenrakennusmateriaalit.fi.) Palotilanteessa saveen sitoitunut kosteus höyrystyy ja hidastaa lämpötilan nousua teho-kaasti (Westermarck, Heuru & Lundsten 1998: 72).

Paloturvarvallisuuden toteuttaminen ekologisilla aineilla on haastavaa, eikä erilaisia tuotevaihtoehtoja juurikaan löydy. Tulevaisuudessa niitä tulisi kehittää lisää, jos kestäväää rakentamista halutaan suosia.

Vedeneristys

Rakennuksen kylpyhuoneissa on suihkukäpiti, eikä erillistä vedeneristystä tarvita. Parvekelaattojen tapitettu puu on asetyloitu ja pinta on päällystetty öljyllä. Asetylointi on puun käsittelyä etikka anhydriinillä, joka aiheuttaa kemiallisen reaktion puun soluseinäissä. Soluseinä turpoaa ja sen hydrokssiili-ryhmät muuttuvat asetyyli-ryhmiksi, jolloin sivutuotteena on etikkahappo. Asetylointi parantaa puun mittapysyvyyttä ja lahonsietokykyä eikä ole ympäristölle haitallinen. (RT 38821 2016 :1.)

Vesikatteen kallistus on 1:5,6. Vesikatteen alla on bitumin sijaan kaksinkertainen täyspönttilaudoitus ja ulompi kerros on uritettu pinnasta veden ohjaamiseksi vesikou-ruun. Ullakko on tuulettuva.

Ääneneristys

Rakennukselle riittävä ääneneristävyys saavutetaan lisäämällä raskaita ja huokosia rakennekerroksia massiivipuisten rakenteiden rinnalle. Huoneistojenväliset seinät erottaa toisistaan puukuituvilla ja asuntojen välipohjissa on käytetty huokoista puukuidusta valmistettua askelääneneristyslevyä sekä tiivistä savilaattaa askeläänän vaimentamiseen.

Liitokset

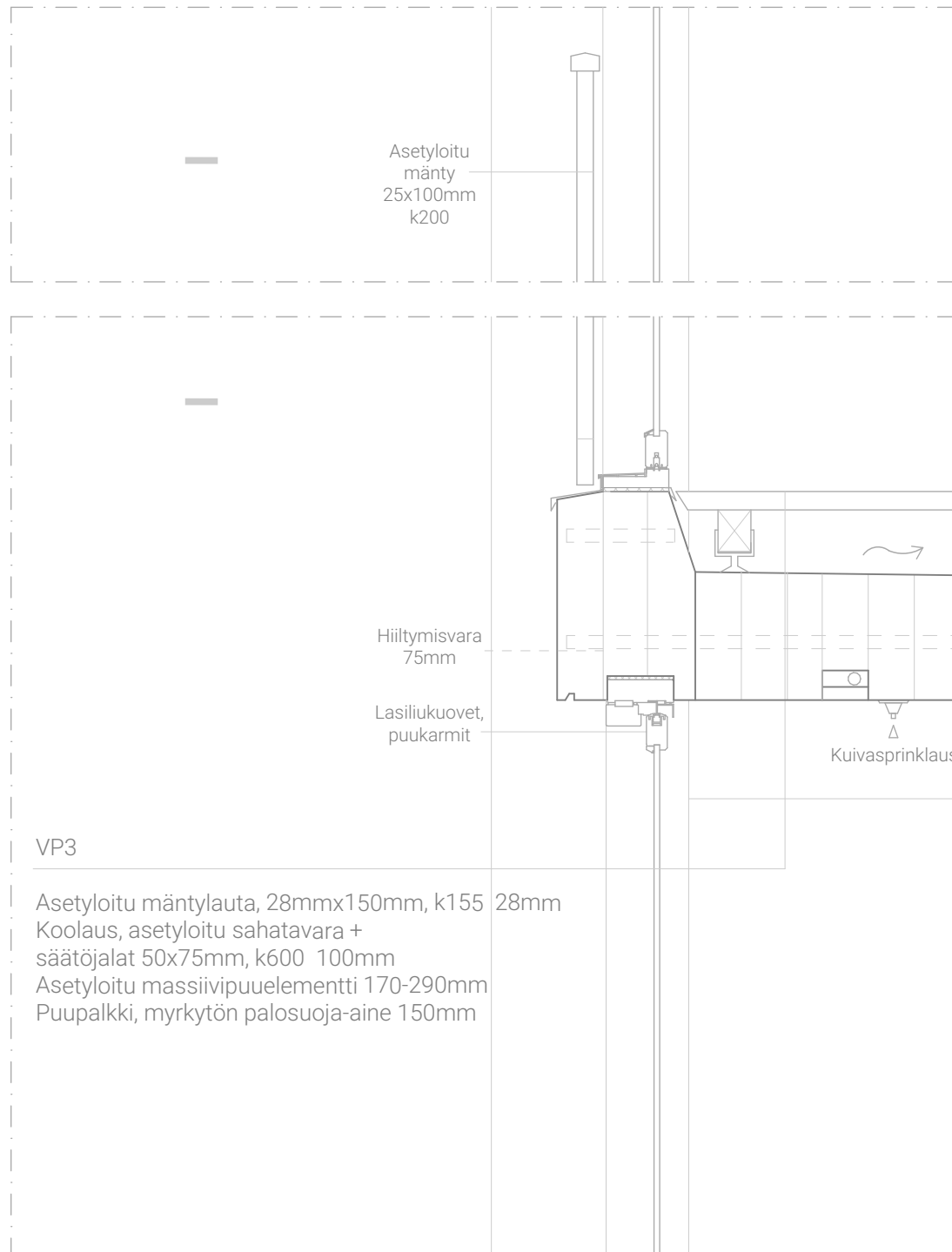
Kerrostalon kaikki liitokset on tehty helposti purettavilla liitoselimillä eli ruuveilla ja pulteilla. Helppo purkaminen tekee myös korjaustyöt yksinkertaisiksi ja pidentää rakennuksen ikää.

	P2 8-kerroksinen, määräys	P2, 8-kerroksinen, tavanomainen toteutus	P0 11-kerroksinen, toteutus
Ulkoseinän sisäpinta	rakennustarvike: A2-s1, d0 suoja-verhous: K₂30 *	kaksi kipsilevyä	kaksi savikuitulevyä
Ulkoseinän verhouksen ulkopinta	rakennustarvike: D-s2, d2	avosaumaton puupaneeli ≥ 9 mm	avosaumaton puupaneeli 28 mm
Ulkoverhouksen tuuletusväliin sisäpinta	rakennustarvike: A2-s1, d0 suoja-verhous: K₂10	kipsilevy	palonsuojakäsittely (B-s1, d0) + tiivimmät kuristumat tuuletusväleissä
Välipohjan alapinta	rakennustarvike: A2-s1, d0 suoja-verhous: K₂30 *	kaksi kipsilevyä	palonsuojakäsittely (B-s1, d0) + hiiltymämitoitus 1 mm/min + sprinklaus
Välipohjan yläpinta	rakennustarvike: A2-s1, d0 suoja-verhous: K₂30	betoni tai kaksi kipsilevyä	savilaatta 40 mm
Parvekelaa-tan alapinta	rakennustarvike: B-s2, d0 + sprinklaus (jos varatie)	palonsuojakäsittely + sprinklaus (jos varatie)	palonsuojakäsittely (B-s1, d0) + hiiltymämitoitus 1 mm/min (ei varatie)
Yläpohjan alapinta	rakennustarvike: A2-s1, d0 suoja-verhous: K₂30	kaksi kipsilevyä	palonsuojakäsittely (B-s1, d0) + hiiltymämitoitus 1 mm/min + sprinklaus
Yläpohjan eristeet	rakennustarvike: A2-s1, d0	mineraalivilla	savikyllästetty puukuitueriste
Räystään alapinta	rakennustarvike: A2-s1, d0 suoja-verhous: K₂30	kaksi kipsilevyä	kaksi savikuitulevyä

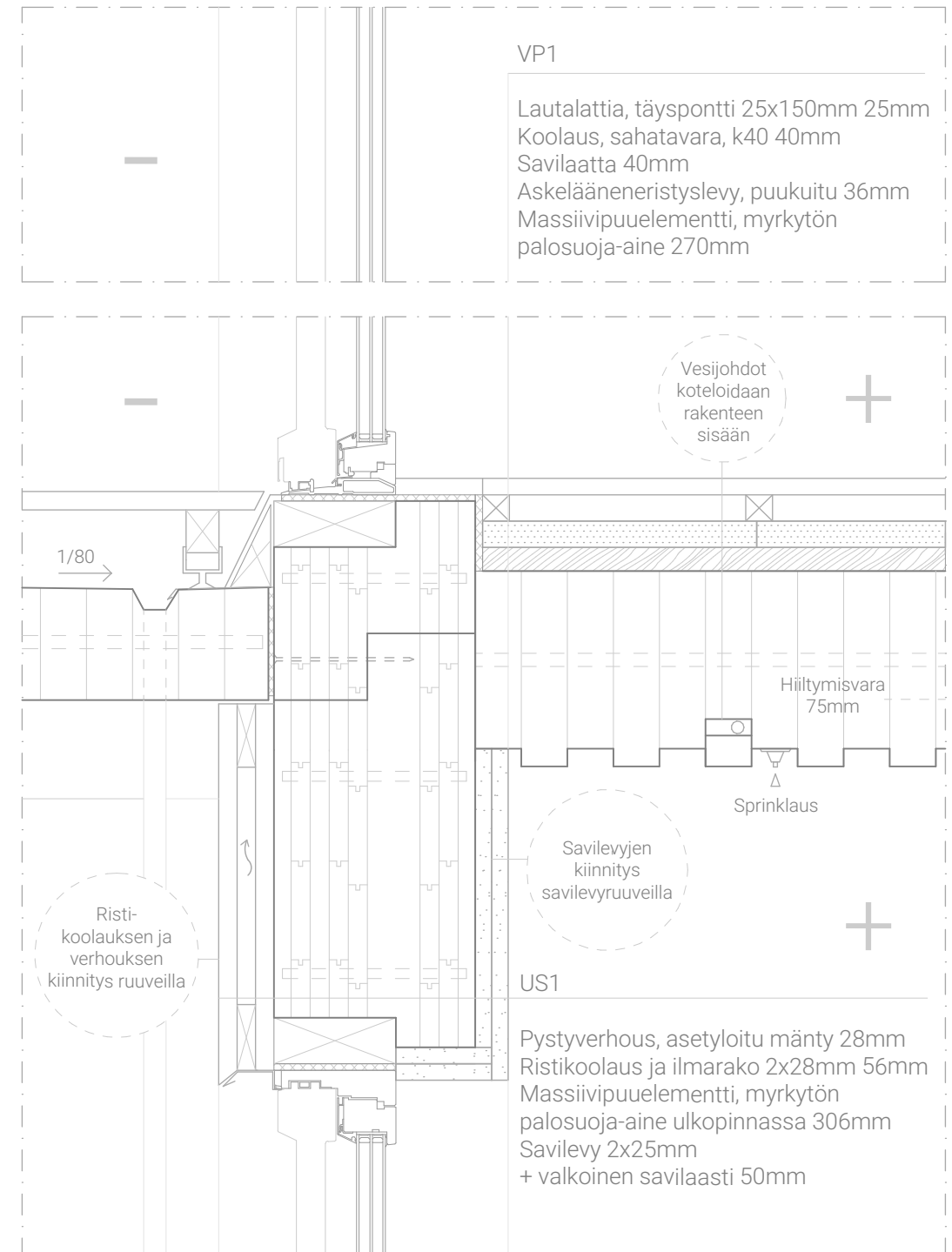
* Suojaverhousta ei kuitenkaan edellytetä rakennusosilta, jotka on tehty vähäisiä rakenteen osia lukuun ottamatta vähintään A2-s1, d0 -luokan tarvikkeista eikä palo-osaston ei-kantavilta sisäisiltä väliseiniltä. Suojaverhousta ei myöskään edellytetä seinän tai katon pinnoilta, kun niiden yhteenlaskettu osuus palo-osaston kantavien -, osastoivien - ja ulkoseinien sekä katon kokonaispinta-alasta on:
1) enintään 20 prosenttia;
2) yli 20 prosenttia, mutta enintään 80 prosenttia ja kantavien ja osastoivien rakennusosien palonkestävyysaika on pidennetty 30 minuutilla;
3) yli 80 prosenttia ja kantavien ja osastoivien rakennusosien palonkestävyysaika on pidennetty 60 minuutilla.

Palonsuojaukselle lähtökohdat antavana esimerkkinä toimii 8-kerroksinen puukerrostalo. Todellisuudessa 11-kerroksisen kerrostalon palomitoitus tehdään toiminnallisella palomitoituksella (P0), taulukossa esitetyt ratkaisut ehdotuksia toteutukselle.

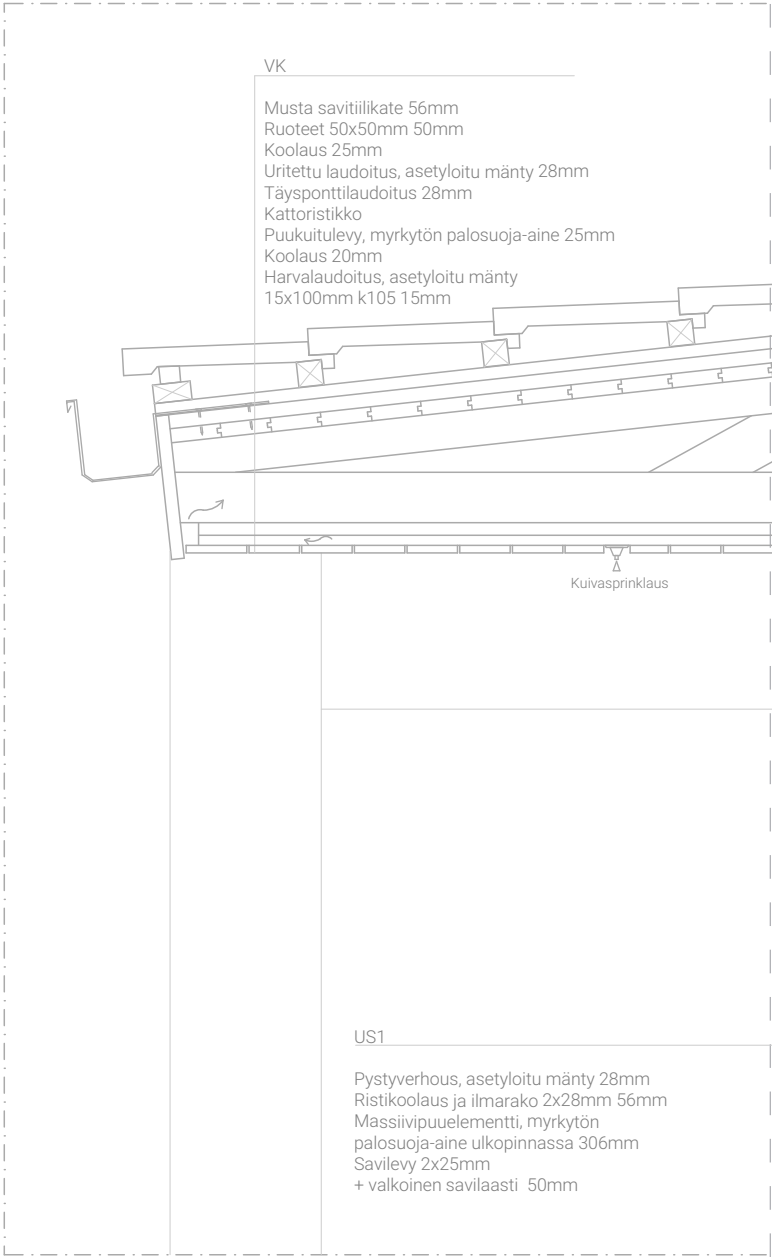
Detalji 1



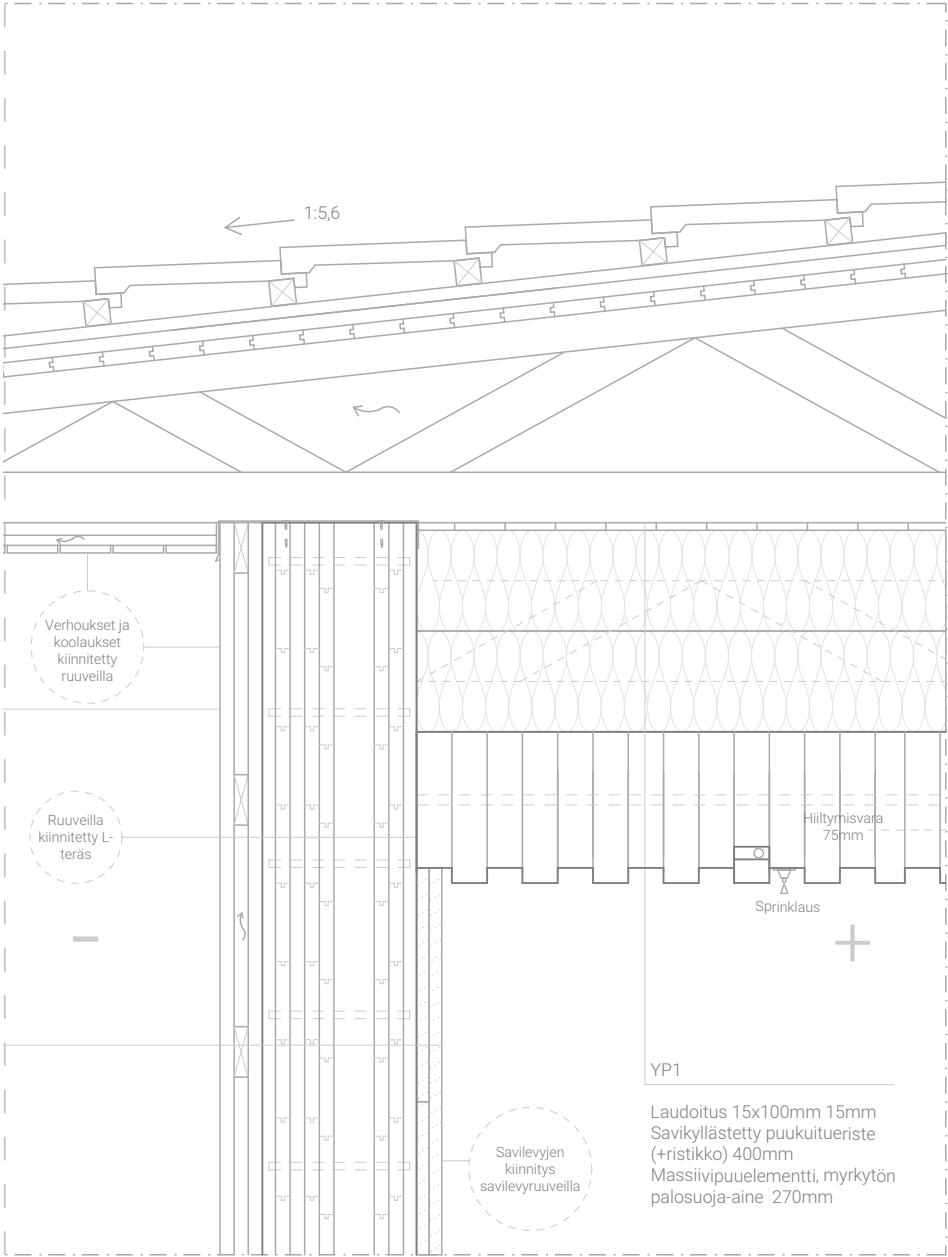
Parveke ja välipohja 1:10



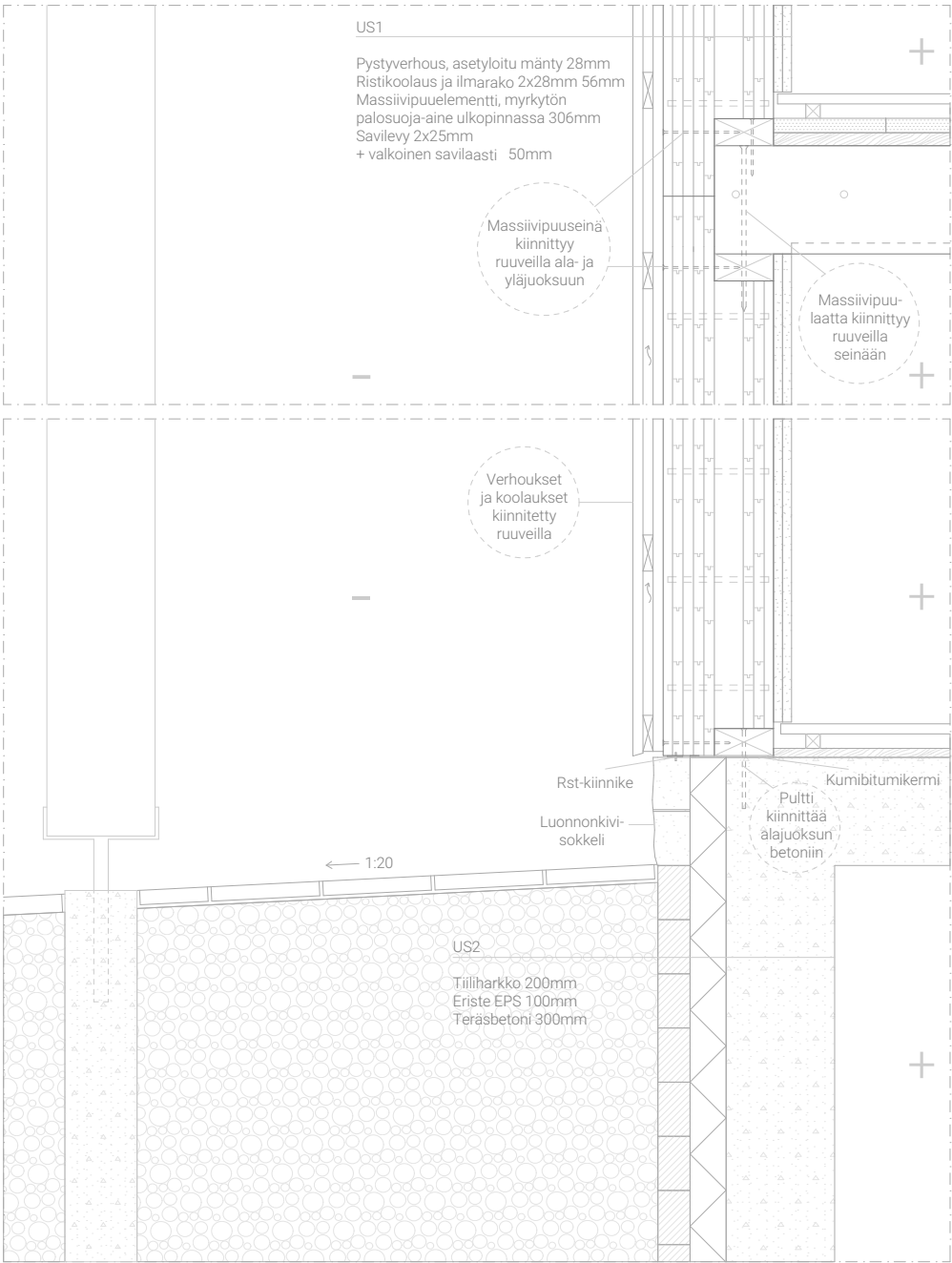
Detalji 2



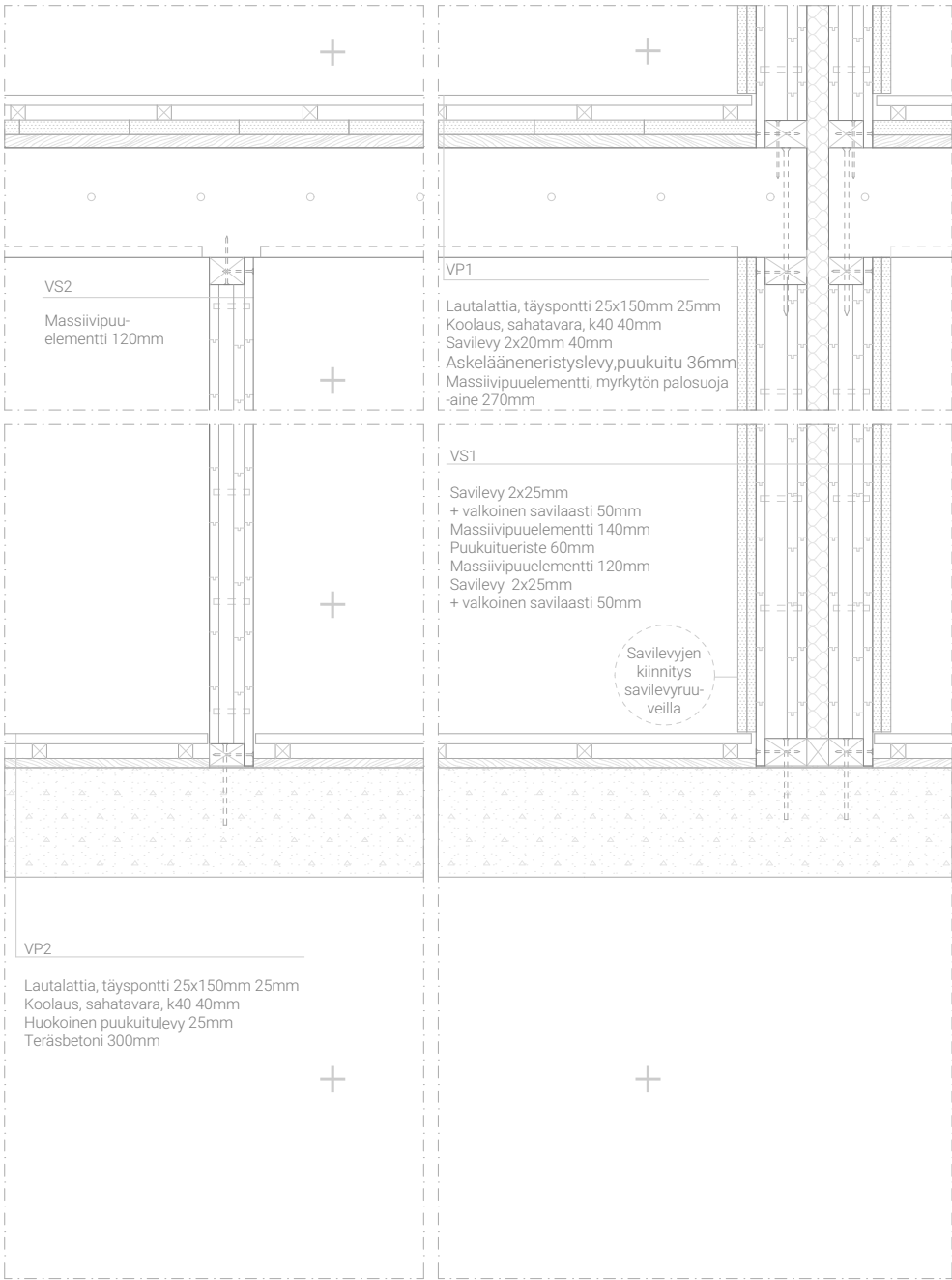
Yläpohja ja vesikatto 1:15



Detalji 3



Sokkeli ja 1.krs 1:20





Näkymä sisäpihalta.

Lopuksi

Opin diplomityötä tehdessä paljon kestävästä puurakentamisesta ja sen mahdollisuuksista tulevaisuudessa. Työn tekeminen on ollut erityisen antoisaa, koska olen päässyt tutkimaan itseäni kiinnostavia aiheita ja soveltamaan oppimaani suunnittelutyössä. Diplomityöni teemat ovat kuitenkin todella laajoja, ja niissä riittää tutkittavaa vielä monille.

Toivon, että työni antaa lukijoille uutta tietoa puurakentamisesta, ja innostaa tutkimaan massiivipuun mahdollisuuksia entisestään. On tärkeää kyseenalaistaa vanhat käytännöt ja suhtautua kriittisesti uusiin.

Huoli tulevaisuuden rakentamista kohtaan on yhä suuri. On kuitenkin lohdullista tietää, että kestävät ratkaisut ovat ulottuvillamme, niihin vain täytyy tarttua.

Kiitokset

Kiitokset professori Janne Pihlajaniemelle diplomityön ohjaamisesta, opettavaisista keskusteluista ja mahdollisuudesta tehdä työ osana Moderni Hirsikaupunki -hanketta.

Suuri kiitos opiskelukavereilleni ikimuistoisista vuosista lafkalla ja kaikesta avusta, jota diplomityötä tehdessä sain. Ilman teitä paljon olisi jäänyt oppimatta ja kokematta.

Lähteet

Julkaisut:

- Addis, B. (2006). *Building with Reclaimed Components and Materials, A Design Handbook for Reuse and Recycling*. London: Earthscan.
- Aicher, S., Garrecht, H. & Reinhardt, H. -W. (2014). *Materials and Joints in Timber Structures, Recent Developments of Technology*. Springer Netherlands.
- Alakangas, E., Fredriksson, T., Kurki-Suonio, K. & Tikka, T. (2014) *Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön*. Tutkimusraportti VTT-M-01931-14. Jyväskylä.
- Annala, P., Huuhka, S., Köliö, A. & Poti, A. (2018). *Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet*. Tampereen teknillinen yliopisto. Arkkitehtuurin laboratorio. Muuttuva rakennettu ympäristö. Julkaisu 4. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laboratorio. Rakennetekniikka. Tutkimusraportti 165. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.
- Berge, B. (2009). *The Ecology of building materials, second edition*. Oxford: Architectural Press.
- Bokalders, V.; Block, M. (2010). *The Whole Building Handbook*. London: Sterling, VA : Earthscan.
- Brand, S. (1994). *How buildings learn*. Lontoo: Penguin Books.
- Calkins, M. (2008). *Materials for Sustainable Sites - A Complete Guide to the Evaluation, Selection, and Use of Sustainable Construction Materials*. New Jersey: Wiley.
- Dangel, U. (2016). *Turning Point in Timber Construction: A New Economy*. Basel: Birkhäuser Verlag.
- Death, D., Mann, Pincic, D., R., Reilly, M., Taylor, J., Warnken, M. (2005). *Recycling and End-of-Life Disposal of Timber Products*. Melbourne: Forest and Wood Products Research and Development Corporation.
- Eckelman, C.A. (1997). *Brief Survey of Wood Adhesives*. Lafayette: Purdue University Cooperative Extension.
- Frihart, C. R. (2015). *Introduction to Special Issue Wood Adhesives: Past, Present, and Future*. Forest Products Journal.
- Graham, P. (2003). *Building Ecology First Principles for a Sustainable Built Environment*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Hafner, A., Ott, S. & Winter, S. (2014). *Recycling and End-of-Life scenarios for timber structures*. In: Aicher S., Reinhardt HW., Garrecht H. (eds) *Materials and Joints in Timber*

Structures. RILEM Bookseries, vol 9. Dordrecht: Springer.

Hakaste, H. (2015). *Muuntojoustopu uusi tuleminen*. Rakennustieto oy.

Heikkilä, J. (2001). *Hirsi kaupunkiympäristössä, Hirsiarkkitehtuurin kehittämishankkeen raportti*. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Oulu: Oulun yliopistopaino.

Heikkilä, J. (2002). *Massive wood architecture*. Oulu: Oulun yliopisto. Arkkitehtuurin osasto.

Herzog, T., Natterer, J., Schweitzer, R., Volz, M., Winter, W., (2012). *Timber construction manual*. Basel: Birkhäuser.

Heräjärvi, H., Pirhonen, I., Rätty, T., Saukkola, P. & Verkasalo, E. (2011). *Puutuotteiden kierrätys, Finnish Wood Research Oy:n osarahoittaman esiselvityshankkeen loppuraportti*. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos.

Hradil, P., Huuhka, S., Lahdensivu, J., Pikkuvirta, J., Talja, A. & Wahlström, M. (2014). *Re-use of structural elements, Environmentally efficient recovery of building components*. VTT Technology, Vuosikerta. 200, VTT Technical Research Centre of Finland.

Häkkinen, T., Korhonen, M-R., Myllymaa, T., Ruuska, A. & Vares, S. (2013). YMrä 8/2013 *Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset, Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti*. Ympäristöministeriön raportteja 8/2013, Helsinki.

Jääskeläinen, S., Kalenoja, H., Lahti, P., Mäkelä, K., Pesola, A., Ristimäki, M. & Vehviläinen, I. (2010). *Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt*. Sitran selvityksiä. Helsinki: Sitra.

Koponen, H. (1990). *Puutuotteiden liimaus*. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Krokfors, K. (2010). *Asutaan urbaanisti, kohti joustavia asumisratkaisuja*, kappale kirjasta *Asutaan urbaanisti! : laadukkaaseen kaupunkiasumiseen yhteisellä kehittelyllä*. Aalto-yliopisto, Teknillinen korkeakoulu, Yhdyskuntasuunnittelun tutkimus- ja koulutuskeskus, Helsinki.

Krokfors, K. (2017). *Time for space*. Aalto University publication series Doctoral Dissertations, 76/2017, Arkkitehtuurin laitos, Helsinki.

Larsen, H.J. & Thelandersson, S. (2003). *Timber engineering*. England: John Wiley & Sons Ltd.

Mayo, J. (2015). *Solid Wood : Case Studies in Mass Timber Architecture, Technology and Design*. Lontoo: Routledge.

Myller, E. (2015). *Sekalaisen puujätteen testaus erilaisten lopputuotteiden valmistuksessa, Projektin ohjausryhmän loppuraportti*. Ympäristöministeriön raportteja 28 | 2015. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Neuvonen, P. (2000). *Rakentajan ekotieto: uudisrakentaminen*. Tampere: Rakennustieto oy.

Pizzi, A. & Mittal, K. L. (2018). *Handbook of Adhesive Technology*, Third Edition. Boca Raton: CRC Press.

Punkki, J. (2003). *Rakentamisen ekologisuus*. Rakennustieto oy.

Rautkoski, H., Kataja, K., Gestranus, M., Liukkonen, S., Määttä, M., Liukkonen, J., Kouko & J., Asikainen, S. (2015). *Jätepuusta kuitumateriaalia uusille tuotteille (Puukuitu)*. Tutkimusraportti, vol. VTT-R-06095-14, VTT Technical Research Centre of Finland.

Robèrt, K-H. (2002). *The Natural Step Story: Seeding a Quiet Revolution*. Nanaimo: New Society Publishers.

Schneider, T. & Till, J. (2005). *Flexible housing: opportunities and limits*. Cambridge: Cambridge University Press.

Siikanen, U. (2016). *Puurakentaminen*. Helsinki: Rakennustieto.

Siikanen, U. (2001). *Rakennusaineoppi*. Rakennustieto oy.

Smith, R. E. (2011). *Interlocking Cross-Laminated Timber: alternative use of waste wood in design and construction*. University of Utah, Integrated Technology in Architecture, Center (ITAC).

Strumillo, J. & Wójcik, M. (2014). *Behaviour-based wood connection as a base for new tectonics*. In Keitsch, M. (ed) Resilience: the New Research Frontier: Proceedings of the 20th Annual International Sustainable Development Research Conference, Norwegian University of Science and Technology, 18-20 June, pp.170-184.

Talja, A. (2014). *Rakennusten suunnittelu uudelleenkäyttöä ja kierrätystä varten*. Tutkimusraportti VTT-R-00736-14, Espoo.

Tarpio, J. (2015). *Joustavan asunnon tilalliset logiikat: Erilaisiin käyttöihin mukautumiskykyisen asunnon tilallisista lähtökohdista ja suunnitteluperiaatteista*. Tampereen teknillinen yliopisto. Arkkitehtuurin laitos. Asuntosuunnittelu; Nro 18.

Taylor, J. & Warnken, M. (2008). *Wood recovery and recycling: A source book for Australia*. Melbourne: Forest & Wood Products Australia Limited.

Vuolle-Apiala, R. (2012). *Hirsitalo ennen ja nyt*. Vantaa: Kustannusosakeyhtiö Moreeni.

Westermarck, M., Heuru, E.-R., Lundsten, B. (1998). *Luonnonmukaiset rakennusaineet*. Helsinki: Teknillinen korkeakoulu / Rakennustieto.

Internet

Alasaarela, M. (2009). *Hirsiseinän ekokilpailukyky*. Hirsitaloteollisuus Ry. Saatavilla: <http://www.aihkitalot.fi/ima-ges/docs/vertailua.pdf> Viitattu 20.06.2018.

Bolduc, L.P. (2017). *Two new options of mass timber panels*. Ecohome. Saatavilla: <https://www.ecohome.net/guides/1017/two-new-options-of-mass-timber-panels/> Viitattu 20.06.2018.

Bridgestock, Foster & Henderson (2012). *Brettstapel Construction*. Saatavilla: <http://www.brettstapel.org/Brettstapel/Home.html> Viitattu 27.06.2018.

Canadian wood council (2018). *Glulam*. Saatavilla: <http://cwc.ca/wood-products/glulam/> Viitattu 26.06.2018.

ÇOLAK, AYDIN, DEMİR KIR & ÇOLAKOĞLU (2003). *Some Technological Properties of Laminated Veneer Lumber Manufactured from Pine (Pinus sylvestrisL.) Veneers with Melamine Added - UF Resins*. Saatavilla: <http://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/issues/tar-04-28-2/tar-28-2-5-0305-3.pdf> Viitattu 25.06.2018.

Epp, L. (2018). *A new mass timber product in North America*. Wood Design & Building. Saatavilla: <http://www.wooddesignandbuilding.com/dowel-laminated-timber/> Viitattu 20.06.2018.

Figueres, C., Schellnhuber, H.J., Whiteman, G., Rockström, J., Hobley, A. & Rahmstorf, S. (2017). *Three years to safeguard our climate*. Saatavilla: <https://www.nature.com/news/three-years-to-safeguard-our-climate-1.22201> Viitattu 27.8.2018.

Ilmasto-opas.fi (2017). *Lämpötilat kohoavat*. Saatavilla: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/dfe79a73-08ea-4686-8463-811b87f53e44/lampotilat-kohoavat.html> Viitattu 27.8.2018.

Jackson, R., E.I.T., Luthi, T., P.E., Boyle, I., P.E. & S.E. (2017). *Mass Timber: Knowing Your Options*. Structure Magazine. Saatavilla: <http://www.structuremag.org/?p=10916> Viitattu 25.06.2018.

Kuittinen, M. (2014). *Vähähiilinen puurakentaminen*. Puuinfo. Saatavilla: <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/moduuli-6/112vahahiilinenpuurakentaminen.pdf> Viitattu 29.08.2018.

Luo Arkkitehdit Oy & Oulun kaupunki (2018). *Heinäpää uudistuu, Heinäpään täydennysrakentamisen toteutus selvitys*. Oulu. Saatavilla: https://www.ouka.fi/documents/64220/16980656/Hein%C3%A4p%C3%A4%C3%A4_raportti_180516_Optimized.

pdf/397e0555-ba2c-4cfb-8440-59873e8741d7 Viitattu 05.12.2018.

Oulun kaupungin rakennussuojelutyöryhmä (2016). *Oulun moderni ruutukaavakeskus-ta, Modernin rakennuskannan inventointi*. Saatavilla: https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=f491dfcc-d0fe-4170-ba83-ba572c3780cd&groupId=64220 Viitattu 05.12.2018.

Puuinfo (2018). *Puu sisäilman kosteuden tasaajana*. Saatavilla: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sis%C3%A4tiloissa/puu-sis%C3%A4ilman-kosteuden-tasaajana> Viitattu 05.12.2018.

Puuinfo (2014). *Puurakentamisella voidaan hidastaa ilmastomuutosta*. Saatavilla: <https://www.puuinfo.fi/tiedote/puurakentamisella-voidaan-hidastaa-ilmastomuutosta> Viitattu 29.8.2018

PuuProffa (2018). *Liimat*. Saatavilla: http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/7/liima-us/liimat Viitattu 20.08.2018.

Rakennusteollisuus RT (2018). *Rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohtana*. Saatavilla: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/> Viitattu 05.12.2018.

Rakennustieto Oy (2014). *Hirsitalon Suunnitteluperusteet*. RT 82-11168. Saatavilla: <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/2121#page=1> Viitattu 28.06.2018.

Puuinfo (2018). *Liimapuu*. Saatavilla: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/in-sin%C3%B6%C3%B6ripuutuotteet/liimapuu> Viitattu 26.06.2018.

Rakennusteollisuus RT (2016). *Accoya® ekologisesti modifioitu puu Novenberg Oy*. RT 38821. Saatavilla: <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/RT%20kortt%20Accoya%20RT%2038821.pdf> Viitattu 01.12.2018.

Saatsi Srkkitehdit Oy (2017). *Massiivirakenne on terveellinen, kestävä ja ekologinen*. Saatavilla: <http://www.saatsi.fi/blogi/massiivirakenne-terveellinen-kestava-ekologinen/> Viitattu 05.12.2018.

Sitra (2017). *Sitran lausunto keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030*. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/artikkelit/sitran-lausunto-keskipitkan-aikavalin-ilmastopolitiikan-suunnitelmasta-vuoteen-2030/> Viitattu 27.8.2018.

Suomen liimapuuyhdistys (2014). *Liimapuukäsikirja Osa 1, Osa 2 ja Osa 3*. Saatavilla: <https://www.liimapuu.fi/7> Viitattu 26.06.2018.

Suomen luonnonsuojeluliitto (2018). *Metsätavoitteemme*. Saatavilla: <https://www.sll.fi/mita-me-teemme/metsat/metsatavoitteemme/> Viitattu 29.8.2018.

Think Wood (2018). *Dowel-Laminated Timber (DLT)*. Saatavilla: <https://www.thinkwood.com/products-and-systems/dowel-laminated-timber-dlt> Viitattu 27.06.2018.

WWF Suomi (2018). *Maailman ylikulutuspäivä on tänään*. Saatavilla: <https://www.wwf.fi/wwf-suomi/viestinta/uutiset-ja-tiedotteet/Maailman-ylikulutuspaiva-on-tanaan-3550.a> Viitattu 27.8.2018.

Ympäristöministeriö (2018). *Kansainväliset ilmastoneuvottelut*. Saatavilla: http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansainvaliset_ilmastoneuvottelut Viitattu 27.8.2018.

Ympäristöministeriö (2018). *Kioto pöytäkirja*. Saatavilla: http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansainvaliset_ilmastoneuvottelut/Kioto_poytakirja Viitattu 27.8.2018.

Ympäristöministeriö (2018). *Pariisin ilmastopöytäkirja*. Saatavilla: <http://www.ym.fi/pariisi2015> Viitattu 27.8.2018.

Ympäristöministeriö (2017). *Ministeri Tiilikainen: Suomesta hiilineutraali yhteiskunta viimeistään vuonna 2045*. Saatavilla: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Ministeri_Tiilikainen_Suomesta_hiilineut\(42208\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Ministeri_Tiilikainen_Suomesta_hiilineut(42208)) Viitattu 27.8.2018.

Valmistajien nettisivut

Honkarakenne Oy: <https://www.honka.fi/fi/>

Syöte-Huylat Oy: <http://www.syotehuylat.fi/>

StructureCraft Builders Inc: <https://structurecraft.com/>

Holzbau Völk: <https://holzbau-voelk.com/>

Thoma Holz: <https://www.thoma.at>

Massive Holz Mauer: www.massivholzmauer.de

Rakennusvarma Oy: <https://www.rakennusvarma.fi/>

Euclid Timber Frames LC: <https://www.euclidtf.com/>

Celt Oy: <https://celt.fi/en/>

International Timberframes Inc: <https://www.itimberf.com/>

Rombach Holzbau: <http://www.nur-holz.com/>

Sohm HolzBautechnik GmbH: <http://www.sohm-holzbau.at/>

Ollikaisen hirsirakenne Oy: <https://ohr.fi/>

Kuusamo Hirsitalot Oy: <https://www.kuusamohirsitalot.fi/>

Oy Honkamajat Finland Ltd: <https://www.honkamajat.fi/>

Pellopuu Oy: <http://www.pellopuu.fi/>

Aalto Haitek Oy: <https://www.aaltohaitek.fi/>

Casco Adhesives: <https://www.casco.eu/>

Pohjan Timber-hirsi Oy: <http://www.timber-hirsi.fi/fi/>

Mammuttikoti: <https://www.mammuttikoti.fi/>

CLT Finland Oy: <http://www.hoisko.fi/fi/>

Oy CrossLam Kuhmo Ltd: <https://www.crosslam.fi/>

CLT Plant Oy: <https://www.cltplant.com/>

Cross Timber Systems SIA: <http://www.crosstimbersystems.com/>
Binderholz: <https://www.binderholz.com/>
KLH Massivholz: GmbH <https://www.klh.at/>
Stora Enso Oyj: <https://www.storaenso.com/en>
Weinberger-Holz gmbh: <https://www.weinberger-holz.at/en/>
Mayr-Melnhof Hüttemann Wismar GmbH: www.huettemann-holz.de
Metsä Wood: <https://www.metsawood.com/>
Freres Lumber Co., Inc.: <https://frereslumber.com/>
Uusi Puu: <https://www.uusipuu.fi/>
Villeco Oy: <http://www.villeco.fi/>

Haastattelut

Kalle Vähäkuopus, sähköpostitse 18.10.2018
Rainer König, sähköpostitse 18.10.2018
Janne Honkala, sähköpostitse 18.10.2018
Aatos Keskitalo, sähköpostitse 11.07.2018
Markus Pääkkönen, sähköpostitse 19.10.2018
Jukka Peltokangas, sähköpostitse 25.10.2018
Tero Vesanen, sähköpostitse 18.10.2018
Tyler Freres, sähköpostitse 22.08.2018
Tero Dillström, sähköpostitse 19.12.2018
Pekka Vätäinen, sähköpostitse 09.01.2019
Mikko Mannila, haastattelu 25.01.2019
Markku Mäläskä, haastattelu 22.01.2019

Kaaviot ja kuvat

Kaavio 1: Berge, B. (2009). *The Ecology of building materials, second edition*. Oxford: Architectural Press. Kaavio suomennettu.

Kaavio 2: Rakennusteollisuus RT (2018). *Rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohtana*. Saatavilla: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/>

Kaavio 3: Tilastokeskus (2016). *Liitetaulukko 1. Jätteiden käsittely 2014, tonnia*. Taulukko-muodossa: http://www.stat.fi/til/jate/2014/jate_2014_2016-05-26_tau_001_fi.html

Kaavio 4: Dodoo, A. Gustavsson, L., & Sathre, R. (2014). *Recycling of Lumber in Handbook of recycling*. Amsterdam: Elsevier. Kaavio suomennettu.

Kuva 1: Honkarakenne Oyj (2018). Saatavilla: <https://www.honka.fi/fi/hirsitalon-rakentaminen/hirsivaihtoehdot/>

Kuva 2: Syöte-Huvilat Oy (2018). Kuvaa muokattu. Saatavilla: <http://www.syotehuvilat.fi/?if=hirsivalikoima>

Kuva 3: StructureCraft (2018). Kuvaa muokattu. Saatavilla: <https://structurecraft.com/materials/mass-timber/dlt-dowel-laminated-timber>

Kuva 4: Holzbau Völk (2018). Saatavilla: <https://holzbau-voelk.com/massivholzbau/massivholzbau>

Kuva 5: Thoma Holz100 (2018). Saatavilla: <https://www.thoma.at/holz100-wandtypen/>

Kuva 6: Neumann Monson Architects (2018). *111 East Grand*. Saatavilla: <http://neumannmonson.com/111-east-grand/>

Kuva 7: Bernd Borchardt. *e3 Berlin*. Archimag 2010. Saatavilla: <https://archimag.de/magazin/2010/e3-berlin/>

Kuva 8: StructureCraft (2015). *The Old is New Again with Nail Laminated Timber*. TreeHugger 2015. Saatavilla: <https://www.treehugger.com/green-architecture/old-new-again-nail-laminated-timber.html>

Kuva 9: Rakennusvarma Oy (2018). Saatavilla: <https://www.rakennusvarma.fi/Varma+luonnonpuu>

Kuva 10: Blaine Brownell (2016). *T3 Becomes the First Modern Tall Wood Building in the U.S.* Architect Magazine 2016. Saatavilla: https://www.architectmagazine.com/technology/t3-becomes-the-first-modern-tall-wood-building-in-the-us_o

Kuva 11: ITAC. *Interlocking Cross Laminated Timber Could Use Up Square Miles Of Beetle-Killed Lumber, and Look Gorgeous, Too*. TreeHugger 2011. Saatavilla: <https://www.treehugger.com/sustainable-product-design/interlocking-cross-laminated-timber-could-use-square-miles-beetle-killed-lumber.html>

Kuva 12 ja 13: Euclid Timber Frames (2018). Saatavilla: <http://www.euclidtf.com/euclid-gallery/category/11-solid-wood-wall-iclt-pics>

Kuva 14, 15,16 ja 17: Aalto Haitek.(2017, 2018). Saatavilla: https://www.facebook.com/pg/aaltohaitek/photos/?ref=page_internal

Kuva 18, 19, 20: Honkarakenne Oyj (2018). Saatavilla: <https://www.honka.fi/fi/hirsitalon-rakentaminen/hirsivaihtoehdot/>

Kuva 22: CELT Oy (2018). Saatavilla: <https://celt.fi/en/>

Kuva 23: Weinberger-Holz (2018). Saatavilla: <https://www.weinberger-holz.at/primolam/>

Kuva 24: Hüttemann (2018). Saatavilla: <http://huettemann-holz.de/index.php/en/huettemann-products/glulam-elements-hbe/glulam-elements>

Kuva 25: Hüttemann (2018). Saatavilla: <https://www.huettemann-holz.de/index.php/en/>

huttemann-products/glulam-elements-hbe

Kuva 26: StructureCraft (2018). Saatavilla: <https://structurecraft.com/materials/mass-timber/laminated-veneer-lumber>

Kuva 27: Freres Lumber (2018). Kuva muokattu. Saatavilla: <https://frereslumber.com/2017/12/freres-lumber-company-mass-plywood-panel/>

Kuva 28 ja Kuva 29: LUO Arkkitehdit & Oulun kaupunki (2018). *Heinäpää uudistuu, Heinäpään täydennysrakentamisen toteutusselvitys*. Oulu. Saatavilla: https://www.ouka.fi/documents/64220/16980656/Hein%C3%A4p%C3%A4%C3%A4_raportti_180516_Optimized.pdf/397e0555-ba2c-4cfb-8440-59873e8741d7

Edellä mainitsemattomat kuvat ja kaaviot tekijän omia.

Liitteet: planssipienennökset

Massiivipuu ekologisesti kestävän rakentamisen mahdollistajana
Kerrostalosunnitelma Heinäpäähän



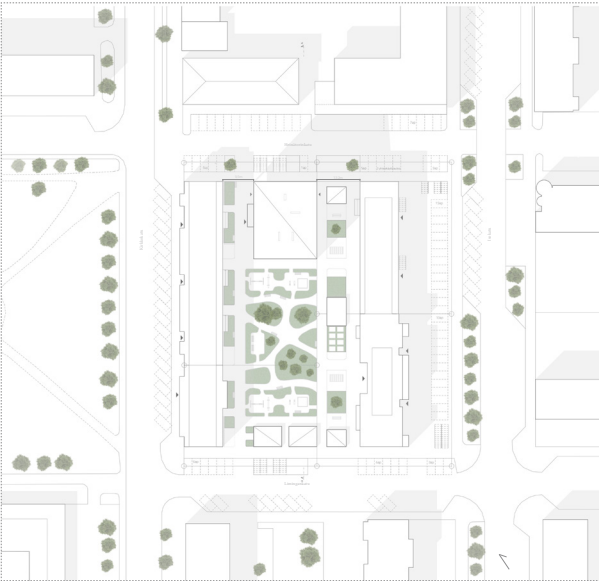
Sijainti
Suunnitelma sijaitsee Oulun keskustan alueen viiksestä kaupunginosassa Lervassa, korttelissa 1, tontilla 30. Alue toimittaa palvelut ja asutusta. Alue on kaikin puolin kunnossa, ja sen ympäristö on erittäin kaunis. Tontti sijaitsee Oulun keskustan alueella, ja sen ympäristö on erittäin kaunis. Tontti sijaitsee Oulun keskustan alueella, ja sen ympäristö on erittäin kaunis.

Historia
Heinäpää alueen rakentaminen alkoi vuonna 1960 ja se kesti kaupunginosa 10, 30 ja 31. Tontti on ollut Oulun kaupungin omistuksessa vuodesta 1960 lähtien. Tontti on ollut Oulun kaupungin omistuksessa vuodesta 1960 lähtien.

Täydennyserakentaminen
Vuonna 2017 kaupunginvaltuusto hyväksyi Oulun kaupungin strategian ja lisäeräsuunnitelman. Suunnitelman mukaan tontti on tarkoitettu asutukseen ja palveluihin. Suunnitelman mukaan tontti on tarkoitettu asutukseen ja palveluihin.



Suunnitelma



Asuinpinta 1 500



Näkymä pohjoisesta. Suunnitelma on toteutettu, mutta sitä on mahdollista toteuttaa myös muilla Heinäpään korttelissa.



Julkisivu kokonaisuus 1:300



Julkisivu kokonaisuus sisäpuolelta 1:300



Julkisivu kokonaisuus 1:300



Julkisivu kokonaisuus Helsinginkatu 1:300

1. Maastorakennus, sisäpuolelta
2. Lämpö, sisäpuolelta
3. Lämpö, sisäpuolelta
4. Lämpö, sisäpuolelta
5. Lämpö, sisäpuolelta
6. Lämpö, sisäpuolelta
7. Lämpö, sisäpuolelta



Julkisivu 1:50

Suunnitelma

Uusi kerrostalo sijaitsee Helsingin kaupungin alueella, joka on osa Helsingin kaupungin alueita. Rakennuksen suunnittelu on tehty ottaen huomioon alueen historiaa ja ympäristöä. Rakennuksen suunnittelu on tehty ottaen huomioon alueen historiaa ja ympäristöä.

Massoittelu

Rakennuksen massoittelu on tehty ottaen huomioon alueen historiaa ja ympäristöä. Rakennuksen massoittelu on tehty ottaen huomioon alueen historiaa ja ympäristöä.

Julkisivut

Julkisivut on suunniteltu ottaen huomioon alueen historiaa ja ympäristöä. Julkisivut on suunniteltu ottaen huomioon alueen historiaa ja ympäristöä.

Piha ja maantasokerros



Piha

Pihan suunnittelu on tehty ottaen huomioon alueen historiaa ja ympäristöä. Pihan suunnittelu on tehty ottaen huomioon alueen historiaa ja ympäristöä.

Parkit

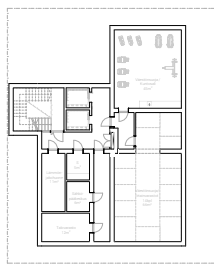
Parkien suunnittelu on tehty ottaen huomioon alueen historiaa ja ympäristöä. Parkien suunnittelu on tehty ottaen huomioon alueen historiaa ja ympäristöä.

Maantasokerros

Maantasokerroksen suunnittelu on tehty ottaen huomioon alueen historiaa ja ympäristöä. Maantasokerroksen suunnittelu on tehty ottaen huomioon alueen historiaa ja ympäristöä.



Maantasokerroksen kellarin pohjakuva 1:200



Kellari 1:200



Pihapiiri ja maantasokerros 1:200

Kerroskohjat

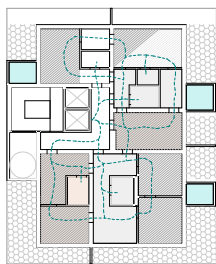
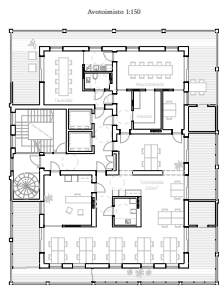


Muuntojoustavuus

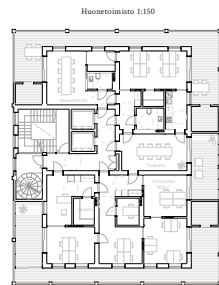
Perusluokkainaan tärkein suunnittelu ohjaua tekijä on muutosjohtajuus, joka takaa sen, että rakennus pystytään vastaamaan ajan tuomien muutosten ja on näin ollen elokuoleinen. Suurena mittana muutosjohtajuus tarkoittaa sitä, ettei rakennusta edes suunnitella yhtä käyttökautta varten, vaan se voi mukautua niin arkin, toimisto-, kuin liikennelähtöisiksi. Pienessä mitakaavassa se mahdollistaa erilaiset huonejärjestelyt ja tilojen koon muutokset tilayksiköiden sisällä. Rakennuksen muutosjohtajuus edesauttaa yksilöllistä elämistä ja mukautuu erilaisiin elämäntilanteisiin.

[illegible]

Muuntojoustavuus toimistopohjissa

*Mizantofaustreus peraketroksea*

Avotuksien suu- ja silmänsä viltteillä parkkareilla ja kummeilla dentin säkötämällä. Huu-
netilut säilyvät tälläin, ja kokonaisuutena



Huoneistotoiminnossa väliseinät ja kulkureitit pysyvät ensisijain ja toiminnot sijaitsevat huoneistoiden niiden vaatiman piste-ajan mukaisesti. Toiminnolta voi olla yhdistelmä avo- ja huoneistotoimintaa.

Diplomityö | Oulun yliopisto | Arkkitehtuurin yksikkö | Massiivipuu ekologisesti kestävä rakentamisen mahdollistajana | Kati Moilanen | Oulussa 27.02.2019 | 5 / 7



Muuntojoustavuus asuntopohjissa



Asunnat sopivat hyvin kimpunkimpiksi, neljän taputteen keittiön ja eteisen kauru

Fiesinä suunnitella muutostyötavut perustus monivirtallogikalla yksi neutra-
leihin, joiden laatuun monia tyypä on mahdollinen.

Vijñān kaksiolehtin voidaan rakentaa lid
huone-eliminoituneen n:n vastineen.

Asennot ovat merkittävisiä senioreiden tarpeiden kyttyäsoetilas suurenramalla ja välillä eläimillä.

Diplomityö | Oulun yliopisto | Arkkitehtuurin yksikkö | Massiivipuu ekologisesti kestävä rakentamisen mahdollistajana | Kati Moilanen | Oulussa 27.02.2019 | 6 / 7

Rakenteissa ja deiseissa on pääperiaatteena ollut suunnella pintaikäisiä, ekologisia ja helposti kierrätettäviä ratkaisuja. Rakennusmateriaaleina toteutivat pääasiassa puu, tiili, luononkivi, lasi, saavi ja metallit pienissä määrin. Aineita, joita on pyritä välttämään ovat muovit, kipsi, betoni sekä vaikeasti kierrätettävät kompositit ja myrkylliset käsitteet. Kaikki suunnitelman tekniset ratkaisut eivät noodeita nykytarkoituksiin, vaan toteutivat kehitysuunnan näyttämällä tulevaisuuden *puurakentamiselle*.

Kerrostalon kantavakenne muodostuu ristin tapetutusta massiivipuusta (DLT, (ks. s. 40–41)). Seinissä on käytetty ristiinpaistettua ja välipölyisiä sekä välipölyisiä yhdessäsuuntaisesti tapetettua puuta. Myös väliseinien ja parvekaltaisten materiaalien toimii tapetettua massiivipuuta. Parvekkeissa kannattelevat pilaarit ovat liimapuusta, sillä niiden valmistaminen liizatuksena ei ole nykytietämällä vielä yleistynyt. Vesikatso kannattelee suhtavarausta toteutettu katosorittokko.

Rakennemuutos on puinvoimainin äännyvalto, joka perustuu yksikointarinessä tulla- ja siirtolain lämpötilaeroon sekä tuulen aiheuttamaan paine-eroon. Puhdista ilmaa saapuu huomattavasti äkkimukiden yläpuolella sijaitsevista venttiileistä ja läikkinen ilma poistuu hormien kautta ulko-ämaan. Hormit sijaitsevat suuaukossa suuaukossa lyhytphoressa ja keittitie yläpuolella. Puinvoimainin äännyvalto on pitkäikäinen ja toiminnallaan luotettava järjestelmä. Se on tarvitse toimialkaisen ohjattua tui mailla laitteita. Se soveltuu myös hyvin palkin maastoihin suoraan tui laite-alkuun, sillä erillisiä alkuun ei tarvita, vaan huomiet ilmestyy toimiva äännyvaltoalanakina. Ulkalla mahdollistaa sen, että pöijipuu kaadon tarpeeksi kookat myös yleensä kerkkioissa.

Kerrostalo lämmitetään vesikiertoisilla pattereilla. Energialähteenä on syytä valita vähäpäästöinen vaihtoehto, sillä painovoimainen ilmanvaihto kuluttaa enemmän lämmitysenergiaa kuin koneellinen ilmanvaihto. Sähköjohdot asennetaan pinta-
vetoisaa kattoon ja seinini, jolloin niitä on helppo maastaa ja korjata ajan myötä.

Rakennuksen paloturvallisuus perustuu toiminnalliseen palomittaukseen (P0) siltä se ei korveta eikä jätetä pois, vaan se on P2-luokan. Toiminnallisen palomittauksen suunnitteluun asiaan perustuu insinöörin. Tästä diplomaattisesti suunnitellun perustana on toimintaa kahdeksan kerrallaan P2-luokan kerralla, joita on erikseen kutsuttu ja siten on joitakin kutsuttu on pelattu. Jokainen mikä rikkoutuu poikkeaminen perustuu tavoitteeseen rakentaa mahdollisimman ympäristöystävällinen. Keskeisimpiä keinoja paloturvallisuuden takaamiseksi ovat sprinklerit, savunpoistokäytävät ja hälytyslaitteet.

Ajalleminen tyypillisesti pusrakenteiden palovuojana on käytetty kipulevyä yksinkertaisena tai kaksinkertaisena rakenteena. Kipulevy on kuitenkin alis hometille ja mikrobeille, jotka vuoksi tämän kerrastalon paloaeristävänä materiaalina valikoitui kosteutta tansuva sivilevy.

Savilevy on rakennuslevy, joka kieli sekä seinä-, että kattolevyksi. Se koostuu polttamattomasta savesta ja kuituväluorista. Levyt kiinnitetään rakenteen pintaan savilevyraudoilla, jotka jalkaan ne päällystetään savilaastilla. Savilevyä käytty ei ole vielä yleistynyt Suomessa, eikä sillä ole rakennustaloudellisia. Yksinkertaisista savilevyjen palloista on Sakossa F300 jasta Suomessa luokkaa E130 (Villico Oy 2018, ks. Luonnollisen rakennusmateriaalin.fi). Palotilanteesta saavan suojaus kesto on hyötyyn ja hidasta lämpötilan nousua tehokkaasti (Westermarck, Heuru & Lindsten 1998: 72).

Paloturvallisuuden toteuttaminen ekologisilla keinillä on haastavaa, eikä erilaisia tuotevalintoja juurikaan löydy. Tulevaisuudessa niitä tulisi kehittää lisää, jos kestävää rakentamista halutaan muusia.

Vedeneristys

Rakennuksen kylpyhuoneissa on suihkukaapit, eikä erillistä vedeneristystä tarvita. Parvekealattojen tapattu puu on asetyloitu ja pinta on päällystetty öljyllä. Asetylointi on puun käsitelyä etikka-anhydridillä, joka aiheuttaa kemiallisen reaktion puun solaseinässä. Solaseinän turpea ja sen hydroksisilyfrinit muutuvat asetysilyfrimiksi, jolloin sivutuotteena on etikkahappo. Asetylointi parantaa puun maittavuutta ja lahonkestokykyä eikä ole ympäristölle haitallinen.

(D.T. 2012, s. 10)

Vesikatteen kallistus on 1:5,6. Vesikateen alla on bitumin sijaan kaksiker-
tainen täyspönttilaudoitus ja sloempi keeros on uritettu pinnasta veden ohjaami-
 seksi vesikouruun. Uljakko on taseitettu.

Ääneneristys

Kerrostalon kaikki liinokset on tehty helposti purettavilla liitoselinillä eli ruuveilla ja pultteilla. Helppo purkaminen tekee myös korjaustyöt yksinkertaisiksi ja pidentää rakennuksen ikää.



